Aus dem Institut für Zuchthygiene der
Universität Zürich
(Direktor: Prof. Dr. K.Zerobin)

und der Klinik für Nutztiere und Pferde der
Universität Bern
(Direktor: Prof. Dr. H.Gerber)

# BEURTEILUNG DER LEISTUNGSPRUEFUNGEN VON ZUCHTHENGSTEN AUFGRUND BLUTANALYTISCHER UNTERSUCHUNGEN

I N A U G U R A L - D I S S E R T A T I O N
zur Erlangung der Doktorwürde
der Veterinär-medizinischen Fakultät der Universität Zürich

vorgelegt von

A n t o n R o t h m a y r
von Zollikon

Genehmigt auf Antrag von:
Prof.Dr.H.U.Winzenried, Prof.Dr.H.Gerber, Referenten
Prof.Dr.C.C.Kuenzle, Korreferent

Zürich 1979

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Meinen Eltern gewidmet

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41507227_0100

# JUDGEMENT ON THE SWISS PERFORMANCE TESTS OF STUD STALLIONS BASED ON HAEMATOLOGICAL ANALYSIS

Meinem sehr verehrten

Herrn Professor Dr. H.U. Winzenried

Institut für Zuchthygiene der Universität Zürich, danke ich herzlich für die Freizügigkeit bei der Auswahl des Themas meiner vorliegenden Arbeit und vor allem für seine stete und unermüdliche Bereitschaft, mir in jeder Beziehung zu helfen, wissenschaftlich, sachlich, sprachlich, erfahrungsmässig und zwischenmenschlich.

Meinen grossen Dank richte ich an:

- Herrn Direktor H. Leuenberger, Haras fédéral Avenches, dass ich im Zusammenhang mit den Leistungsprüfungen 1977 im Eidgenössischen Gestüt meine Blutuntersuchungen durchführen durfte.
- Herrn Professor Dr. H. Gerber, Direktor der Klinik für Nutztiere und Pferde der Universität Bern für die grosszügige Zurverfügungstellung seiner Laboratorien.
- Herrn Dr. P. Tschudi, Leiter des Laboratorium der Klinik für Nutztiere und Pferde der Universität Bern für seinen unermüdlichen Einsatz während der Blutentnahmen im Eidgenössischen Gestüt in Avenches, für die genaue und exakte Durchführung der Blutanalysen, sowie für das Durchlesen und Korrigieren meiner Arbeit.

- Fräulein M. Herrenschwand, Fräulein H. Wantz und Fräulein A. Zindel, Laboratorium der Klinik für Nutztiere und Pferde der Universität Bern für die gewissenhaften Blutuntersuchungen.
- Herrn W. Zaugg, Haras fédéral Avenches, sowie den Bereitern und Pflegern für ihre Mithilfe während der Blutentnahmen.
- Fräulein F. Gentner, Institut für Zuchthygiene der Universität Zürich und
- Frau E. Chakravorty, Bibliothekarin des Tierspitals Zürich für die Weiterleitung der Korrespondenzen und für die Beschaffung der internationalen Literatur-Unterlagen.
- Der Abteilung für Landwirtschaft des Eidgenössischen Volkswirtschafts Departementes,Sektion für Pferdezucht, besonders Fräulein H. Maeder und Herrn O. Pfister für die Unterlagen über die Leistungsprüfungen.
- Frau A. Thölen für Mithilfe an den Schreibarbeiten.

Einen besonderen Dank richte ich an Herrn Professor Dr. N.N. Yakovlev, Sektion Biochemie des Wissenschaftlichen Forschungsinstitutes für Körperkultur, Leningrad, mit dem ich die Ehre hatte eine wissenschaftliche Korrespondenz zu führen.

## INHALTSVERZEICHNIS


| | | Seite |
|---|---|---|
| | Verdankung | I |
| | Inhaltsverzeichnis | III |
| | Abkürzungen Text und Tabellen | VI |
| | Legende Figuren | VIII |
| 1 | Einführung | 1 |
| 2 | Die Leistungsprüfungen in der Schweiz | 3 |
| 2.1 | Leistungsprüfung für Zuchthengste (1942-1967) und Leistungsprüfung für Freiberger und Haflinger Zuchthengste ab 1968 | 3 |
| 2.2 | Leistungsprüfung II für 5½-jährige Warmblut Zuchthengste ab 1968 | 6 |
| 2.3 | Leistungsprüfung I für 3½-jährige Warmbluthengste ab 1970 | 8 |
| 3 | Erster Teil: Haematologische Parameter | 10 |
| 3.1 | Allgemeines | 10 |
| 3.2 | Sauerstofftransportsystem beim Pferd | 11 |
| 3.2.1 | Haemoglobin | 12 |
| 3.2.2 | Sauerstoffkapazität | 14 |
| 3.3 | Senkung der Leukozytenzahl | 15 |
| 3.4 | Erste Untersuchungen Senkung und Leukozyten | 17 |
| 3.4.1 | Methodik | 17 |
| 3.4.2 | Diskussion | 18 |

| | | Seite |
|---|---|---|
| 4 | Zweiter Teil: Klinisch-Chemische Parameter | 19 |
| 4.1 | Zum Energiestoffwechsel in der Arbeitsphysiologie | 19 |
| 4.1.1 | Stoffwechselvorgänge bei der Muskelkontraktion | 19 |
| 4.1.2 | Lipidstoffwechsel | 21 |
| 4.1.3 | Proteinstoffwechsel | 22 |
| 4.1.4 | Kohlehydratstoffwechsel | 23 |
| 4.2 | Der Säure-Basen-Status in der Arbeitsphysiologie | 25 |
| 4.3 | Literaturübersicht zur Plasmaenzymaktivität während der Arbeit | 28 |
| 4.3.1 | Literaturübersicht zur Plasmaenzymaktivität während der Arbeit beim Menschen | 30 |
| 4.3.2 | Literaturübersicht zur Plasmaenzymaktivität während der Arbeit bei der Ratte | 34 |
| 4.3.3 | Literaturübersicht zur Plasmaenzymaktivität während der Arbeit beim Pferd | 35 |
| 4.3.4 | Zusammenfassung | 37 |
| 4.4 | Literaturübersicht zum Elektrolyt-Haushalt und Osmolarität in der Arbeitsphysiologie | 38 |
| 5 | Material und Methode | 40 |
| 5.1 | Versuchstiere | 40 |
| 5.2 | Versuchsplan | 41 |
| 5.3 | Training und Fütterung der Hengste im Hinblick auf die Leistungsprüfung | 42 |
| 5.4 | Gewinnung der Proben | 44 |
| 5.4.1 | Blutentnahme | 44 |
| 5.4.2 | Kritik der Methode | 45 |
| 5.5 | Biochemische Methoden | 46 |

| | | Seite |
|---|---|---|
| 6 | Resultate | 47 |
| 6.1 | Resultate der Leistungsprüfung für Freiberger und Haflinger Hengste 22.III.1977 Energie Parameter | 48 |
| 6.2 | Resultate der Leistungsprüfung für Freiberger und Haflinger Hengste 22.III.1977 Enzyme | 49 |
| 6.3 | Resultate der Leistungsprüfung II für Warmblut Zuchthengste 12.X.1977 Energie Parameter | 50 |
| 6.4 | Resultate der Leistungsprüfung II für Warmblut Zuchthengste 12.X.1977 Enzyme | 51 |
| 6.5 | Resultate der Leistungsprüfung I für Warmblut Hengste 16.XI.1977 Energie Parameter | 52 |
| 6.6 | Resultate der Leistungsprüfung I für Warmblut Hengste 16.XI.1977 Enzyme | 53 |
| 7 | Diskussion | 54 |
| 7.1 | Blutzucker | 54 |
| 7.2 | Pyruvat | 57 |
| 7.3 | Laktat | 60 |
| 7.4 | Redoxsystem Pyruvat/Laktat | 63 |
| 7.5 | Quotient Glukose/Laktat | 67 |
| 7.5.1 | G/L in Abhängigkeit der Laufzeit | 69 |
| 7.6 | Aldolase | 74 |
| 7.7 | Alkalische Phosphatase | 77 |
| 7.8 | Creatinphosphokinase | 79 |
| 7.9 | Creatinin | 81 |
| 7.10 | Glutamat-Oxalacetat Transaminase | 83 |
| 7.11 | Glutamat-Pyruvat Transaminase | 85 |
| 8 | Zusammenfassung und Schlussfolgerung | 87 |
| 8.1 | Zusammenfassung | 87 |
| 8.2 | Schlussfolgerung | 89 |
| 9 | Literaturverzeichnis | 90 |
| | Curriculum vitae | 106 |

Abkürzungen: Text und Tabelle

| | |
|---|---|
| AC | Wagen ziehen Avenches-Cudrefin (Leistungsprüfung für Freiberger und Haflinger Hengste 22.III.1977) |
| Acetyl CoA | Acetyl Coenzym A |
| ADP | Adenosin Diphosphat |
| ALD | Aldolase |
| AP | Alkalische Phosphatase |
| ATP | Adenosin Triphosphat |
| B | Belastungswert |
| CA | Wagen ziehen Cudrefin-Avenches (Leistungsprüfung für Freiberger und Haflinger Hengste 22.III.1977) |
| CPK | Creatinphosphokinase |
| DR | Distanz Ritt (Leistungsprüfung II für 5½-jährige Warmblut Hengste 12. X.1977) |
| E | Erholungswert |
| FB | Freiberger Hengst |
| FFS | Freie Fettsäure |
| G/L | Quotient Glukose/Laktat |
| GOT | Glutamat-Oxalacetat-Transaminase |
| GPT | Glutamat-Pyruvat-Transaminase |
| GR | Gelände Ritt (Leistungsprüfung I für 3½-jährige Warmblut Hengste 16.XI.1977) |
| H | Haflinger Hengst |
| L | Laktat |
| LDH | Laktat Dehydrogenase |
| m | arithmetischer Mittelwert |
| mB | Belastungmittelwert |
| mE | Erholungmittelwert |
| mR | Ruhemittelwert |
| MDH | Malat Dehydrogenase |
| NAD | Nicotinamid-Adenin-Dinucleotid |
| NADH | reduziertes NAD |
| P | Pyruvat |

| | |
|---|---|
| P/L | Quotient Pyruvat/Laktat |
| R | Ruhewert |
| s | Sekunde |
| σ | Standard Abweichung |
| σB | Standard Abweichung Belastungswert |
| σE | Standard Abweichung Erholungswert |
| σR | Standard Abweichung Ruhewert |
| T | Trend |
| U | Einheit (Unit) |
| ⌒ | Korrelationskoeffizient |
| ⊕ | bundeseigene Hengste |

## Legende: Figuren

| | |
|---|---|
| B | Belastung |
| C-A | Belasteter Wagen ziehen Cudrefin-Avenches |
| D.R. | Distanzritt |
| E | Erholung |
| ● FB | Freiberger Hengst |
| G/L | Verhältnis Glukose/Laktat nach Belastung |
| G.R. | Geländeritt |
| ● H | Haflinger Hengst |
| ◎ m̄ | Belastungsmittelwert für G.R., D.R. |
| ◎ m̄ | Belastungsmittelwert für C-A |
| - - - mR | Ruhemittelwert |
| ——— mB | Belastungsmittelwert |
| R | Ruhe |
| S | Sekunde |
| S/km | Sekunden gelaufene Zeit pro Kilometer (Laufzeit) |
| $T_H$ | Belastungswert in Funktion der Laufzeit Trend |
| ..-1 | Referenzbuchstaben der Hengste |
| ● C-A | Leistungsprüfung für Freiberger und Haflinger Hengste<br>Belasteter Wagen ziehen Cudrefin-Avenches<br>22.III.1977 |
| a | Adlerflor |
| b | Reza |
| c | Editeur |
| d | Antimon |
| e | Judex |
| f | Ursinus |
| g | Jerry |
| h | Jury |

| | |
|---|---|
| oD.R. | Leistungsprüfung II für Warmblut Hengste<br>Distanzritt 12.X.1977 |
| a | Alvise |
| b | Trabant |
| c | Gipsy du Mesnil |
| d | Aquino |
| e | Safari |
| f | Sirocco |
| g | Fango |
| h | Peri Sparte |
| i | Gloum |
| k | Arosa |
| l | Fils d'la Chaise |

| | |
|---|---|
| oG.R. | Leistungsprüfung I für Warmblut Hengste<br>Geländeritt 16.XI.1977 |
| a | Isoard |
| b | Indigène de Corday |
| c | Iris de Notre Dame |
| d | 9/74 |
| e | Freischütz |
| f | Inschallah |
| g | Hebron |
| h | Silver Spurs |

## 1. EINFUEHRUNG

Der Leistungsbegriff ist bei Pferden sehr vielfältig. Bei Rennpferden wird die Schnelligkeit gemessen. Bei Reit- und Springturnieren werden Leistungen in Form von Dressur-, Spring- und Vielseitigkeitsprüfungen gewertet. Bei Zuchthengsten der Warmblutrassen wird die Leistung durch eine Zugprüfung und einen Geländeritt nachgewiesen, und bei Freiberger- und Haflinger- Zuchthengsten werden die Zugleistung und die Gängigkeit geprüft. Es werden also in der Pferdezucht und im Pferdesport ganz verschiedenartige und meist sehr komplexe Leistungen gemessen, die nicht miteinander verglichen werden können.

Bis in die dreissiger Jahre stand die äussere Erscheinung (Exterieur) bei der Pferdebeurteilung im Vordergrund. Die Zugleistung ist durch den Bau der Knochen und Muskeln bedingt. Aber die für die Leistungen entscheidenden Merkmale, z. B. physiologisches Leistungsvermögen, Leistungsbereitschaft, Rittigkeit, Umgänglichkeit, Charakter, Temperament sowie die Veranlagung für spezielle Leistungsanforderungen können nur auf Grund der Leistungsprüfungen hinreichend genau erfasst und für die Zucht verwertet und ausgenützt werden.

Die Leistung kann quantitativ nicht erfasst werden. Da die Ergometrie beim Pferd erhebliche Schwierigkeiten bereitet, ist es notwendig, die Leistungsfähigkeit unter natürlichen Bedingungen: im Freien, unter dem Reiter oder eingespannt zu testen. Die Prüfungsergebnisse und Prüfungsanforderungen müssen durch eine tierärztliche Untersuchung ergänzt werden, so dass die ermittelten Leistungswerte objektiv beurteilt werden können.

Leistungsprüfungen sind nur dann sinnvoll, wenn sie auf biologischen Parametern basieren, technisch einwandfrei, zuverlässig und einheitlich sind und in der Praxis ohne zu grossen Aufwand durchgeführt werden können.

Der Zweck der Leistungsprüfungen für Zuchthengste ist ein doppelter. Einmal sollen sie die Zuchtwahl nach gesunden, arbeitswilligen, widerstandsfähigen und kräftigen Tieren ermöglichen. Zum andern sollen diese Prüfungen die Züchter zur vermehrten Arbeitsverwendung der Zuchthengste anregen, womit eine Kräftigung der Konstitution der Tiere erreicht wird. Erfahrungsgemäss ist eine angemessene Arbeitsleistung oder doch zum mindesten eine regelmässige Bewegung der Hengste auch während der Deckperiode im Interesse der Gesunderhaltung und der Leistung. In diesem Sinne eingestzte und gehaltene Hengste werden der Zucht im allgemeinen auch länger und besser dienen.

## 2. DIE LEISTUNGSPRUEFUNGEN IN DER SCHWEIZ.

### 2. 1. Leistungsprüfung für Zuchthengste (1942-1967) und Leistungsprüfung für Freiberger- und Haflingerzuchthengste (ab 1968).

Am 25. November 1941 erliess das Eidgenössische Volkswirtschaftsdepartement Vorschriften über die Durchführung von Leistungsprüfungen bei Zuchthengsten. Man bezweckte damit eine Förderung der Zucht gesunder, widerstandsfähiger und kräftiger Pferde; gleichzeitig wollte man damit das allgemeine Verständnis für die Haltung, Behandlung und den Einsatz von Hengsten bei der Arbeit verbessern.

Nachdem noch im gleichen Jahr die ersten Versuche stattgefunden hatten, wurden für den 17. und 18. März 1942 die ersten derartigen Prüfungen ausgeschrieben und die angemeldeten Hengste auf dem Areal des Eidgenössischen Hengste- und Fohlendepots in Avenches geprüft. Die Durchführung erfolgte auf freiwilliger Grundlage, gestützt auf die Artikel 1 und 23 des Bundesratbeschlusses vom 31. Juli 1936 über die Hebung der Pferdezucht.

Diese Bestimmungen erfuhren eine angemessene Erweiterung in der Verfügung des Eidgenössischen Volkswirtschaftsdepartementes vom 5. Juni 1943, welche in Artikel 2 bestimmt, dass die im Jahre 1940 und später geborenen Hengste im Alter von 4 - 6 Jahren die Zugleistungs- und Gängigkeitsprüfung abzulegen haben. Dadurch sind die Leistungsprüfungen obligatorisch geworden; ein Hengst, welcher die Leistungsprüfung das erste Mal nicht bestanden hat, kann diese ein Jahr später wiederholen. Die Leistungsprüfungen finden jeweils in der zweiten Hälfte März im Eidgenössischen Gestüt in Avenches statt. Sämtliche vorgeschriebenen Prüfungen sind am gleichen Tag abzulegen.

Die Prüfungsbedingungen sind für alle Hengste identisch. Die Prüfungen werden folglich auf den gleichen Strecken und mit denselben Fahrzeugen vorgenommen. Die Anforderungen sind so gewählt, dass einerseits gesunde und konstitutionell starke Tiere nicht geschädigt werden können, andererseits aber konstitutionall schwache und schlecht trainierte Hengste diese Mindestleistungen nicht befriedigend zu erfüllen vermögen. Es werden keine Rekordleistungen verlangt, sondern eine angemessene Mindestleistung bei bester körperlicher Verfassung. Die Leistungsfähigkeit wird durch folgende Einzelprüfungen erfasst, beziehungsweise charakterisiert:

Messen der Schrittlänge.

Zum Messen der Schrittlänge legt der Hengst 2 X 100 m im Schritt auf ebener Strasse zurück, eingespannt in einen Vorwagen mit Sitzgelegenheit für Fahrer und Kontrolleur. Zwischen Schrittlänge und Zeit für die 100 m Strecke besteht eine statistisch gesicherte Korrelation. Tiere mit einer grösseren Schrittlänge legen die Prüfstrecke im allgemeinen in einer kürzeren Zeit zurück als Tiere mit einem weniger ausgiebigen Schritt (126).

Zugleistungs- und Gängigkeitsprüfung.

Bei der Zugleistungs- und Gängigkeitsprüfung ist eine Strecke von 12 km (Avenches - Villars le Grand - Chabrey - Champmartin - Cudrefin) auf zum Teil ebener, zum Teil ansteigender oder abfallender Strasse (grösste Steigung, beziehungsweise grösstes Gefälle 10%) mit auf dem Hinweg beladenem, auf dem Rückweg leerem Tombereau mit Vorwagen zurückzulegen. Das Bruttogewicht des beladenen Tombereau beträgt auf dem Hinweg 1000 kg, das Bruttogewicht auf dem Rückweg ca 700 kg (leeres Tombereau mit Personal). Nach der Hinfahrt, die im Schritt zu erfolgen hat, wird eine Pflichtpause von 20 Minuten eingeschaltet. Die Rückfahrt erfolgt auf der gleichen Strecke; auf einer geeigneten,

ebenen Strecke von 4 km muss obligatorisch getrabt werden. Für die restliche Strecke des Rückweges ist die Gangart freigestellt. Die Zeiten der Hin- und Rückfahrten werden gemessen, und nach Ankunft werden die Hengste verschiedenen Konditionsprüfungen durch den Tierarzt unterzogen.

Kilometerlauf

Die Prüftiere haben eine 1 km lange Strecke in möglichst schneller Gangart zurückzulegen. Die Zeit wird gemessen und der Zustand der Hengste geprüft. Der Kilometerlauf liefert das Mass für die Gängigkeit der Prüftiere auf einer kurzen Strecke.

Da die Zugfestigkeit und die Zuverlässigkeit im schweren Zug auf kurzer Strecke bei der Zugleistungs- und Gängigkeitsprüfung zu wenig zur Geltung kamen, liess die Prüfungsleitung im Jahre 1945 versuchsweise erstmals eine Zugkraftmessung im schweren Zug am Messwagen durchführen. Im Jahre 1946 wurde die Prüfung der Zugfestigkeit in das Prüfungsprogramm aufgenommen und für die Prüftiere obligatorisch erklärt.

Prüfung im schweren Zug

Die Zugkraftmessung an einem beladenen Brückenwagen (2000 kg) soll zeigen, ob der Hengst auch im schweren Zug auf kurzer Strecke geht und wie er sich beim Anziehen verhält. Dabei wird speziell auch der Charakter beurteilt.

Tierärztliche Kontrolle

Zur objektiven Beurteilung der Leistungswerte vor, beziehungsweise während oder nach den einzelnen Leistungsprüfungen wird der Gesundheitszustand der Hengste (Konstitution, Herz, Kreislauf, Atemfrequenz, Körpertemperatur, Schweissbildung, Augen, Geschlechtsorgane etc.) tierärztlich kontrolliert.

Die eigentlichen Leistungserhebungen werden durch Charakterisierung der Tiere mittels der wichtigsten Körpermasse (Stockmass, Brust- und Röhrbeinumfang) des Lebendgewichtes sowie einer kurzen Beschreibung ergänzt.

## 2. 2. Leistungsprüfung II für 5½ jährige Warmblut-Zuchthengste (ab 1968)

Bis 1967 wurden die Hengste des Reitschlages zusammen mit denjenigen des Zugschlages geprüft. Die Warmblüter absolvierten das gleiche Programm wie die Freiberger, mit dem Unterschied, dass sie den Kilometerlauf statt im Trab am Tilbury unter dem Sattel im Galopp liefen. Am 19. März 1968 wurden die Prüfungen bei den Freiberger- und Warmbluthengsten zum ersten Mal getrennt durchgeführt. Zusätzlich zum Kilometerlauf und zum Messen der Schrittlänge wurden die Warmbluthengste am Dressurwagen, im Dressurreiten, auf Springvermögen und in einem Geländeritt getestet.

Am 10. September 1969 stellte die Sektion für Pferdezucht des Eidgenössischen Volkswirtschaftsdepartementes in Zusammenarbeit mit erfahrenen Fachleuten des Pferdesportes ein neues Prüfungsreglement für das Schweizer Warmblutpferd auf. Die Prüfungen finden jeweilen an zwei aufeinanderfolgenden Tagen in der zweiten Hälfte Oktober im Eidgenössischen Gestüt in Avenches statt. Zugelassen werden im Herdebuch eingetragene Hengste, die mindestens vier Jahre alt sind.

Eine erste Beurteilung erfasst das Exterieur mit den dazugehörigen Massen (Stockmass, Schienbein- und Brustumfang, Körpergewicht), den Charakter und die Abstammung. Das Hauptgewicht der Beurteilung fällt auf die eigentliche Leistungsprüfung; sie besteht aus Dressur, Cross Country, Kilometerlauf, Distanzritt, Springen und Fahren. Vor, während und nach der Prüfung wird der Gesundheitszustand der Hengste tierärztlich kontrolliert.

Dressurprüfung

Zur Dressurprüfung reitet der Besitzer oder ein Bereiter des Eidgenössischen Gestütes den Hengst in der Manège vor. Als Mindestleistung werden die Grundgangarten Schritt, Trab und Galopp, verkürzt und verstärkt, geradeaus und

auf der Volte, Anhalten und Rückwärtstreten verlangt. Es steht dem Reiter frei, ein Programm vorzuführen, mit dem er das Können des Hengstes optimal vorstellen kann. Die Dauer der Vorführung beträgt maximal 8 Minuten. Bewertet werden Schritt, Trab, Galopp und Durchlässigkeit. Nach jeder Vorführung reitet einer der Richter den Hengst während 3 - 5 Minuten und macht sich selber ein Gesamturteil der Rittigkeit.

Cross Country

Das Cross Country erstreckt sich über 4000 m mit 16 Gelände- und Hindernissprüngen im Tempo von 400 m/Min. Eingeschlossen sind 1000 m ohne Hindernisse mit einem Tempo von 700 m/Min., die als Kilometer-Lancé gelten. Es ist eine eigentliche Geländeprüfung zur Beurteilung von Mut, Geschicklichkeit, Gehorsam, Galoppmanier, Geschwindigkeit und Länge der Galoppsprünge.

Distanzritt

Der Distanzritt erstreckt sich auf 15 km mit 100 m Höhenunterschied. Galopp-, Trab- und Schrittstrekken sind vorgeschrieben, wobei über 100 m gegen Ende der Strecke die Trabschritte gezählt und daraus ihre Länge berechnet werden. Die Strecke führt vom Gestüt (438 m) über Pâquier - Le Chablais - Salavaux -Bellerive (540 m) - Montmagny - Constantine - Betonbrücke über Glâne, Broyedamm ins Gestüt zurück. Beurteilt werden die Ausdauer, die Kondition bei der Ankunft, die Schritt- und Trablänge sowie die Zeit für 100 m im Schritt.

Springprüfung

Die Springprüfung erstreckt sich über 7 Hindernisse, nicht über 1 m, ohne Zeitkontrolle, davon 3 Gymnastiksprünge aus dem Trab, 3 Gehorsamsprünge (schmales Tor, Wassergraben, kleiner Oxer), 1 kombinierter Sprung für progressive Erhöhung des Sprunges. Beurteilt werden Mut, Springlust und Springvermögen.

Prüfung am Dressurwagen

Die Prüfung am Dressurwagen findet nach einem vorgeschriebenen Programm statt. Beurteilt werden: Anhalten, Stehen, Anfahren, Schritt, Trab, Haltung und Lenksamkeit.

## 2. 3. Leistungsprüfung I für 3½ jährige Warmbluthengste (ab 1970)

Am 27. November 1970 beschloss der Vorstand des Schweizerischen Pferdezuchtverbandes, dass ein Warmbluthengst, um eine vorläufige Deckbewilligung zu erhalten, im Alter von 3 Jahren an der zentralen Hengstschau im Eidgenössischen Gestüt Avenches auf Grund seines Exterieurs anerkannt werden müsse, und dass er mit 3½ Jahren (importierte Pferde mit 4½ Jahren) die Leistungsprüfung I für Warmbluthengste erfolgreich zu bestehen habe. Die definitive Bewilligung zum Einsatz in der Zucht erhält der Warmbluthengst jedoch erst nach Absolvierung der Leistungsprüfung II im Alter von 5½ Jahren. Dieser Anerkennungsmodus für Zuchthengste erlaubt es, einen künftigen Beschäler während und nach dem Abschluss seiner physischen und psychischen Entwicklung bezüglich Exterieur, Leistungsvermögen, Charakter und Vererbungspotenz einigermassen beurteilen zu können.

Am 11. Dezember 1970 wurde zum ersten Mal eine Leistungsprüfung I für 3½ jährige Warmblutzuchthengste durchgeführt, die ab 1971 obligatorisch wurde. Die Prüfungen finden jeweilen in der zweiten Hälfte November im Eidgenössischen Gestüt in Avenches statt und dauern einen Tag. Die Leistungsprüfung I umfasst Dressur, Geländeritt, Kilometer-Lancé, Zugprüfung.

Dressurprüfung

Bei der Dressurprüfung werden die drei Grundgangarten (Schritt, Trab, Galopp), die Folgsamkeit, die Durchlässigkeit, die Rittigkeit und der Gesamteindruck des Hengstes beurteilt.

Geländeritt

Der Geländeritt erstreckt sich über eine Distanz von 3000 m (Tempo 350 m/Min.) mit 14 festen Hindernissen (maximal 90 cm hoch oder maximal 180 cm breit). Dabei werden Mut, Springfreudigkeit, Spring- und Galoppmanier, Geschicklichkeit und Wendigkeit sowie die Kondition und die Zeit beurteilt. Unmittelbar nach Abschluss des Geländerittes erfolgt eine Prüfung im Jagdgalopp über 1000 m (Kilometer-Lancé, Tempo 500 m/Min.). Ueber diese Distanz wird die Länge der Galoppsprünge gemessen.

Zugprüfung

Mittels einer Zugprüfung versucht man, Charaktereigenschaften wie Verhalten, Gutartigkeit und Willigkeit zu beurteilen. Dazu wird der Hengst vor einen ca 200 kg schweren Zugschlitten mit tiefen Zugstangen eingespannt. Auf einer Distanz über 200 m muss der Schlitten einmal angehalten und wieder angezogen werden.

Trainingsnote

Die Trainingsnote wird auf Grund verschiedener Prüfungs- und Bewertungspositionen unterschiedlicher Gewichtung vor Beginn der Prüfung berechnet. Die verschiedenen Hauptpositionen umfassen die drei Grundgangarten, das Temperament, den Charakter, die Konstitution, Futterverwertung, Arbeitswilligkeit, Rittigkeit und Lenksamkeit sowie die allgemeine Leistung.

Tierärztliche Kontrolle

Vor, während und nach der Prüfung wird der Gesundheitszustand der Hengste tierärztlich kontrolliert.

# 3. ERSTER TEIL: HAEMATOLOGISCHE PARAMETER

## 3.1. Allgemeines

Die Leistungsfähigkeit des Organismus kann durch geeignetes körperliches Training gesteigert werden. Vom biologischen Standpunkt her ist Training als Anpassungsprozess aufzufassen. Die Steigerung der muskulären Leistungsfähigkeit ist an die Anpassung von Herz, Kreislauf, Atmung und andere Funktionskreise gebunden, um die notwendig verstärkte Durchblutung des Muskels, den erhöhten Energieumsatz und den erhöhten Abtransport der Stoffwechselprodukte zu ermöglichen. Somit ist diese Anpassung mit einer Aenderung in der Homeostase verbunden, und neben den morphologisch nachweisbaren Veränderungen ist eine Adaptation des Zellstoffwechsels zu erwarten.

Im Vordergrund der Bemühungen standen die Registrierung bewegungsmechanischer Abläufe (27, 79, 294, 295), die Messungen der Herzschlagfrequenz (10, 21, 24, 25, 26, 35, 38, 46, 80, 81, 122, 136, 145, 154, 167, 176, 177, 197, 198, 199, 200, 201, 266, 267, 270, 288), die Messungen der Atmungsfrequenz (38, 46, 145, 266, 267), die Parameter des Sauerstofftransportsystems, des Säure- Basen- Haushaltes und des Energiestoffwechsels (2, 8, 9, 10, 38, 40, 47, 48, 50, 51, 52, 56, 63, 85, 86, 90, 136, 144, 150, 151, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 166, 167, 173, 184, 185, 190, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 216, 229, 239, 240, 242, 243, 245, 251, 252, 256, 263, 268, 269, 272, 288, 289, 290, 291).

Die Motivation dieser Arbeit ist, objektive Messgrössen im Sauerstofftransportsystem, dem Säure- Basen- Haushalt und dem Energiestoffwechsel zu finden, zur Ueberprüfung und Erfassung des Trainingszustandes der Hengste bei den Leistungsprüfungen.

## 3.2. Sauerstofftransportsystem beim Pferd

Die Sauerstoffversorgung des Muskels hängt im wesentlichen von der Blutmenge, die zum Muskel gelangt, der Sauerstofftransportkapazität und der Sauerstoffausnützung des Blutes ab. Die Blutmenge ist ihrerseits abhängig von der Anzahl und dem Durchmesser der zuführenden Gefässe sowie vom Blutdruck. Der Blutdruck wird seinerseits vom Herzzeitvolumen und dem peripheren Widerstand beeinflusst. Die Durchblutung der Muskulatur kann also entweder durch ein erhöhtes Herzzeitvolumen oder bei gleicher Herzleistung durch Vasokonstriktion anderer Gefässgebiete erhöht werden. Die Sauerstofftransportkapazität des Blutes wird durch die Konzentration des Blutes bestimmt. Die Sauerstoffausnützung des Blutes hängt vor allem von der Kapillarisierung und dem Enzymsystem des Muskels ab.

Während der Laufarbeit wird die Sauerstoffversorgung der Muskulatur beim PFERD nicht nur durch eine Steigerung des Kreislaufzeitvolumens gewährleistet, sondern zusätzlich durch eine erhebliche Erhöhung (um mehr als 50% gegenüber den Ruhewerten) der Sauerstofftransportkapazität des Blutes. Durch Erregung, Arbeitsbelastung oder nach Adrenalin-Injektion kommt es zu einer Entspeicherung der Milz, wodurch die Erythrozytenzahl und damit das Hämoglobin des zirkulierenden Blutes stark ansteigen. Bei entmilzten Tieren wurde nachgewiesen, dass es sich, im Gegensatz zum Menschen, um eine echte Polyglobulie handelt und nicht um einen Konzentrationseffekt infolge Wasserverlustes. Die Rückkehr der Polycythämie zu den Ausgangswerten ist in der Regel ein Vorgang längerer Dauer (16, 54, 84, 85, 86, 94, 122, 124, 150, 153, 156, 157, 158, 159, 184, 199, 200, 201, 202, 233, 269).

### 3.2.1. Haemoglobin

Die Reproduzierbarkeit von Ruhe-Haemoglobin-Werten ist schlecht infolge des unterschiedlichen Erregungszustandes und der damit verbundenen Entspeicherung der Milz (85, 199). Eine Beurteilung des Trainingszustandes und der Leistungsfähigkeit der Pferde ist mit dem Ruhe-Haemoglobin-Wert allein nicht möglich. Bei trainierten Pferden soll der Haemoglobingehalt des Blutes höher sein als bei untrainierten (82). SRETER (244) beobachtete im Gegensatz dazu, dass bei trainierten Pferden die Haemoglobin-Konzentration in Ruhe niedriger sei als bei untrainierten. Auch beim Menschen deuten widersprechende Angaben darauf hin, dass aus der Haemoglobin-Konzentration des Blutes keine befriedigenden Hinweise auf den Trainingszustand erwartet werden dürfen (7, 11, 134, 142, 143, 164, 172, 220, 221, 253).

Beim Pferd steigt der Haemoglobingehalt bei Belastung an, was auf den Eintritt erythrocytenreichen Speicherblutes in den Kreislauf zurückzuführen ist (156, 157, 158, 159, 160).

Bei trainierten Pferden ist die Fähigkeit, bei Belastung rote Blutkörper und damit Haemoglobin auszuschütten, höher als bei untrainierten (84, 85).

Die Haemoglobin-Konzentration nach Belastung ermöglicht jedoch keine befriedigende Voraussage der Leistungsfähigkeit (85, 157), obwohl PERSSON (198, 199) eine Abhängigkeit zwischen den Arbeit- Haemoglobin-Werten und der Kilometerzeit beschrieben hat. Nach VON ENGELHARDT (35)könnten daraus gewisse Hinweise auf den Fortschritt im Training abgeleitet werden. SRETER (244) fand bei trainierten Pferden eine höhere Haemoglobin-Konzentration nach Belastung als bei untrainierten.

Auch beim Menschen kann es bei Arbeitsbelastung zu Erhöhungen des Haemoglobingehaltes kommen, die im allgemeinen aber gering sind (7, 67, 74, 118, 119, 137).

Es ist jedoch nicht klar, ob eine Erhöhung der Haemoglobin-Konzentration unbedingt auch eine bessere Sauerstoffversorgung der arbeitenden Muskulatur bewirkt. Mit zunehmender Haemoglobin-Konzentration, beziehungsweise Erhöhung des Haematokrit-Wertes, steigt die Viskosität des Blutes und damit der Widerstand in der terminalen Strombahn. Aus dem Viskositätsverhalten und der Sauerstoffkapazität des Blutes lässt sich berechnen, dass nur bis zu einem Haematokrit von etwa 40 der Sauerstofftransport zum Gewebe entsprechend ansteigt. Bei noch höheren Haematokriten nehmen, infolge der exponentiellen Zunahme der Blutviskosität, der kapillare Blutfluss und damit die Sauerstoffversorgung schnell ab (84, 85, 191, 247).

Sowohl beim Menschen als auch beim Pferd ist es erwiesen, dass Training eine Vergrösserung des Gesamtblutvolumens nach sich zieht (11, 153, 198, 199, 200).

Der Gesamthaemoglobingehalt des Körpers kann auch bei unveränderter oder gar sinkender Haemoglobin-Konzentration steigen, wenn das Gesamtblutvolumen entsprechend zunimmt.

Beim Menschen konnte man eine deutliche Zunahme des Gesamthaemoglobingehaltes je Kilogramm Körpergewicht in Abhängigkeit vom Trainingszustand nachweisen (11). PERSSON (197, 198) fand ebenfalls nach einer siebenmonatigen Trainingsperiode eine sehr deutliche Zunahme des Gesamthaemoglobingehaltes je Kilogramm Körpergewicht.

Einige Autoren (7, 186, 244, 255) vermuten, dass Arbeit einen gesteigerten Erythrozytenzerfall bewirkt, was eine vorübergehende Hyperbilirubinaemie erklären würde.

### 3.2.2. Sauerstoffkapazität

BOBYLEW (38) und LYKKEBOE (171) messen der Sauerstoffsättigung des jugularvenösen Blutes beim Pferd grosse Bedeutung bei. Nach ihnen soll die Menge des transportierten Sauerstoffes proportional zum Trainingszustand zunehmen. KRZYWANEK (157) und VON ENGELHARDT (85) können dem nicht zustimmen.

## 3.3. Senkung und Leukozytenzahl

Infolge der Steigerung des zellulären Stoffwechsels nehmen die intramuskulären Metabolite und damit der osmotische Druck im intra- und extrazellulären Raum zu. Um die Homeostase im Gleichgewicht zu erhalten, erhöht sich die Haemoglobin-Konzentration um 10-15%; dies bedingt eine Steigerung der Erythrozytenzahl - ausgedrückt als Haematokrit - und der Leukozytenzahl.

Beim PFERD soll jedoch die Senkung vorwiegend von der Anzahl der Erythrozyten abhängig sein und weniger vom Verhältnis der Plasmaeiweisse.

Man beobachtete bei Pferden (190, 245) und Menschen (209, 255), dass die SENKUNGS- Geschwindigkeit als Folge des Trainings abnahm. Auch nach FREY (92) soll die Blutsenkungsgeschwindigkeit Hinweise geben zur Beurteilung der Wettkampftauglichkeit nach durchgemachten Infekten.

Beim Menschen ist ein Ansteigen des Haematokriten bei Arbeitsbelastung gering; er bildet sich nach kurzer Zeit wieder zurück (61, 74, 118, 137, 191, 255). Beim Trainierten ist der Haematokritanstieg am geringsten (172).

Trainierte Pferde haben einen signifikant tieferen Ruhe-Haematokrit als untrainierte Pferde (47, 52, 54, 56, 145, 173).

Die Ursache des tieferen Belastungs-Haematokriten ist nicht nur die bessere Kondition und das grössere Gesamtblutvolumen, sondern auch die homeostatische Antwort auf den Stress: die Tiere regen sich weniger auf, da sie für einen solchen Stress trainiert worden sind (180). Die Blutviskosität wird dadurch herabgesetzt.

Zwischen Haematokrit und Leistung besteht nach CARLSON (52) kein Zusammenhang. Zur Beurteilung der Hydration und des Plasma- oder Blutvolumens soll nach verschiedenen Autoren (30, 31, 32, 54, 198) der Haematokrit sehr geeignet sein.

Die durch die Arbeit hervorgerufene myogene Leukocytose beim Menschen und beim Tier kann nicht nur durch die Haemokonzentration erklärt werden. Anfänglich kommt es zu einer Lymphocytose, welche, unter Reizung des Sympathicus, durch die Entleerung der Milz und des Lymphknotendepots bedingt ist. Hernach, unter Einwirkung des Parasympatikus, können einerseits die Lymphozyten blockiert und die Polynukleären aus dem Knochenmark freigesetzt und neugebildet werden (38, 46, 54, 59, 94, 119, 191, 209, 255). Die Leukozyten befinden sich in einem sogenannten marginalen und in einem zirkulierenden Pool. Bei diversen Stressformen können dann die Leukozyten (besonders die Neutrophilen) aus dem marginalen in den zirkulierenden Pool übergehen.

Die myogene Leukozytose ist bei gleicher Belastung umso geringer ausgeprägt, je besser der Trainingszustand ist. Daraus allein kann jedoch kein bindender Schluss auf den Leistungszustand gezogen werden (94, 209, 255).

Die Wiederherstellung des Ausgangswertes und des Differential- Blutbildes der Leukozyten kann 2 - 3 Tage in Anspruch nehmen (94).

## 3.4. Erste Untersuchungen: Senkung und Leukozyten

In Ergänzung der tierärztlichen Untersuchungen bei den Leistungsprüfungen in Avenches, wurden seit 1972 die Senkung sowie die Leukozytenzahl bestimmt.

### 3.4.1. Methodik

Zur Ruhewertbestimmung wurden die Blutproben durch die betreuenden Pfleger in der Frühe in den Stallboxen entnommen.

Die Belastungsproben wurden nach der Beendigung der Zugleistungs- und Gängigkeitsprüfung der Freiberger- und Haflingerhengste, nach dem Distanzritt für die 5½-jährigen Warmbluthengste und nach der Geländeprüfung für die 3½-jährigen Warmbluthengste entnommen.

Die Erholungsprobe wurde am nächsten oder übernächsten Tag entnommen. (Im Jahr 1977 wurden die Belastungsproben unmittelbar nach der Rückkehr der Hengste entnommen. Die Erholungsproben wurden genau eine Stunde später in der Boxe entnommen.)

Zur Blutentnahme aus der leicht gestauten Jugular-Vene wurde eine Record-Kanüle verwendet. Es wurden 40 ml Blut in ein 50 ml Gefäss gegeben, welches zur Koagulationshemmung 10 ml Citrat-Lösung (3,9 g Citrat in 100 $cm^3$ destilliertem Wasser) enthielt.

Das Blut wurde im Laboratorium in Senkungsröhren gefüllt und die Resultate nach 15 Minuten und nach 24 Stunden abgelesen. Nach 24 Stunden wurde auch die Leukozytenmenge abgelesen.

### 3.4.2. Diskussion

Da einerseits die Resultate der Untersuchungen in Avenches nicht vollständig beigebracht werden konnten und die Methodik nicht einheitlich war, führten die Auswertungen zu keinen brauchbaren Ergebnissen. Weil andererseit aus der Literatur ersichtlich ist, dass die haematologischen Parameter zur Beurteilung des Trainingszustandes des Pferdes nicht geeignet sind, wurde versucht, durch Ermittlung neuer Blutparameter Beziehungen zu den Ergebnissen der Leistungsprüfungen zu finden.

# 4. ZWEITER TEIL: KLINISCH-CHEMISCHE PARAMETER

## 4.1. Zum Energiestoffwechsel in der Arbeitsphysiologie

### 4.1.1. Stoffwechselvorgänge bei der Muskelkontraktion

Die Energie für die Muskelkontraktion stammt aus der Umwandlung von Adenosin Triphosphat (ATP) zu Adenosin Diphosphat (ADP) und Phosphorsäure.

Der Gehalt der Muskelzelle an ATP ist jedoch beschränkt. Creatinphosphat stellt hierfür ein Depot dar.

Der Bestand an energiereichen Phosphaten wird in Anwesenheit von Sauerstoff durch die Oxidation von Nährstoffen (Kohlehydrate), Lipide und Eiweisse) wieder hergestellt.

Das durch die Oxidation von Kohlehydraten gebildete Pyruvat wird in Gegenwart von Sauerstoff und unter Abspaltung von Kohlendioxid ($CO_2$) zu Acetyl-Coenzym A oxidiert und somit dem Krebszyklus überführt.

Wenn die durch die Oxidation gewonnene Energie nicht mehr zur Aufrechterhaltung des ATP-Gehaltes ausreicht, oder wenn ungenügend Sauerstoff zur Verfügung steht, setzt kompensatorisch die anaerobe Glykolyse ein.Dabei wird Pyruvat mittels Uebernahme von zwei Wasserstoffatomen aus dem reduzierten Nicotinamid-Adenin-Dinucleotid (NADH) zu Laktat reduziert. Dadurch entsteht Nicotinamid-Adenin Dinucleotid (NAD), das wiederum als Wasserstoffakzeptor dient, womit weitere Glukose oxidiert und damit Energie für den Wiederaufbau der energiereichen Phosphate geliefert wird.

Sauerstoffmangel vermindert auch die Oxidierung der Coenzyme der respiratorischen Kette, so dass NADH nicht mehr oxidiert wird. Die Anhäufung von NADH verschiebt

den Gleichgewichtszustand des Pyruvat-Laktat Zusammenspiels zugunsten des Laktäts. Damit steigt die Laktatkonzentration im Muskel und im Blut an, was zu Ermüdungserscheinungen führt.

Bei langandauernder, nicht sehr intensiver muskulärer Arbeit spielen die Fettdepots als Energielieferanten eine wesentliche Rolle. Die Lipide werden zum Hauptteil in Glycerin und Freie Fettsäuren (FFS) aufgespalten und oxidiert. Bei übermässigem Abbau der Freien Fettsäuren entstehen Ketonkörper.

Der Anteil der Eiweisse an der Energiebereitstellung dürfte maximal 2-3% betragen (82, 84, 93, 119, 139, 207).

### 4.1.2. Lipidstoffwechsel

In den ersten Arbeitsminuten nehmen die FFS im Plasma auf Grund der vermehrten Absorption in der arbeitenden Muskulatur vorübergehend ab. Später nimmt die FFS Konzentration wieder zu und erreicht den Ausgangswert. Dieser Anstieg wird durch eine Stimulierung der Lipolyse im Depot-Fettgewebe hervorgerufen (49, 50, 51, 119, 135, 136, 260).Parallel steigt das freie Glycerin an (160). Am Ende der Arbeit steigt die FFS Konzentration in der Regel weit über den Ausgangswert, da die Lipolyse im Depot-Fettgewebe mit gesteigerter Geschwindigkeit weiterläuft, während der Verbrauch von FFS in der Muskulatur rasch reduziert wird (49, 50, 51, 252). Ausserdem wird offenbar durch die Veränderung der Durchblutung nach Arbeitsende die Diffusion grosser Moleküle - auch der FFS - begünstigt.

Die Veränderung der FFS-Konzentration scheint von der Höhe des Ruhewertes abhängig zu sein, der beim Pferd erheblich niedriger liegt als beim Menschen (135, 136, 151, 156, 160). Es ist fraglich, ob es einen Unterschied im Lipidmetabolismus zwischen der untrainierten und der trainierten Gruppe gibt: Ketonkörperbildung und Dauer der Erholung der FFS scheinen gleich zu sein (170, 157, 252, 290). COBB (61), ISSEKUTZ (125) und KEUL (138) demonstrierten dagegen eine höhere Lipidmobilisation und Lipolyse, sowie eine vermehrte Utilisation der FFS im arbeitenden Muskel bei Trainierten im Vergleich zu Untrainierten.

Nach LUKAWASKA (170) soll nicht einmal maximale Belastung eine signifikante Erhöhung der Ketonkörper im Blutserum der Trainierten verursachen.

### 4.1.3. Proteinstoffwechsel

Eine Muskeltätigkeit maximaler oder submaximaler Intensität geht in der Regel mit einer Zunahme von bis 15% der Gesamtproteinmenge im Blut einher. Der grösste Anstieg geschieht bei den Untrainierten (32, 59, 70, 145, 172, 198, 207, 281). Es entsteht eine deutliche Verschiebung innerhalb der Eiweisskörper, vor allem auf Grund einer Zunahme der niedermolekularen Fraktionen, u.a. des Albumins (32, 56, 191, 281). Erst bei einer langandauernden Arbeit kommt es zu einer Zunahme der Globulinfraktion sowie des Fibrinogens(59, 70, 169, 281).

Athleten haben eine signifikant tiefere Totalprotein- und Albumin-Konzentration, was zu einer Reduktion des onkotischen Druckes und des Wasserverbindungsvermögens des Blutes führt (52, 53, 75, 173, 191, 219, 220). Trainierte Athleten können circa 200 ml Plasmawasser verlieren, bevor ihre Plasmaproteinkonzentration die Werte der Untrainierten erreicht. Dadurch besitzen sie mehr Flüssigkeit zur Thermoregulation. Es entsteht eine Abnahme der Blutviskosität, wodurch das cardiovaskuläre System weniger beansprucht wird (219, 220).

HARALAMBIE (107, 108) verzeichnete bei sehr gut trainierten Sportlern Totalprotein Fraktionen, Glykoprotein-, Lipoprotein- und Harnstoffwerte, die den Ruhewerten sehr nahe lagen. Bei übertrainierten Sportlern sollen jedoch Hypoproteinämie, tiefe Albumin/Globulin-Verhältnisse, mittelmässige Erhöhung der Glycoproteine und deutlich erhöhte Werte für $\alpha_2$-Globuline gefunden werden.

### 4.1.4. Kohlehydratstoffwechsel

Als Energielieferant spielt der Kohlehydratstoffwechsel eine ausschlaggebende Rolle. Wie eingangs erwähnt, wird das unter Energiefreigabe durch Oxidation von Kohlehydraten gebildete Pyruvat unter Abspaltung von $CO_2$ zu Acetyl CoA abgebaut und somit in den Krebszyklus überführt.

Wenn die durch die Oxidation gewonnene Energie zur Aufrechterhaltung des ATP-Gehaltes nicht mehr ausreicht oder wenn ungenügend Sauerstoff zur Verfügung steht, setzt kompensatorisch die anaerobe Glykolyse ein. Dabei wird Pyruvat mittels Uebernahme von zwei Wasserstoffatomen aus dem reduzierten NADH zu Laktat reduziert. Das gebildete NAD kann wiederum als Wasserstoffakzeptor dienen, womit weiteres Glykogen oxidiert und damit Energie für den Wiederaufbau der energiereichen Phosphate geliefert wird.

Der Ruhewert des BLUTZUCKERS - der infolge der Nahrungsaufnahme schwankt - liegt bei den Trainierten tiefer als bei den Untrainierten (147, 275, 278). Beim Pferd dagegen wurde in der trainingsarmen Winterperiode eine signifikant niedrigere Glukosekonzentration in Ruhe festgestellt (153). Das könnte als verminderter Sympathikotonus oder geringere Adrenalinfreisetzung interpretiert werden.

Unter Belastung kommt es nur bei untrainierten Versuchspersonen zu einem Abfall des Glukosespiegels, während bei Sportlern nach anfänglichem Absinken noch während der Arbeit ein normalisierender Wiederanstieg (60, 101, 102, 127, 135, 136, 147, 149, 211, 275) oder sogar eine Erhöhung über den Ruhewert hinaus (275) zu verzeichnen ist. KEPPLER (131) sowie LUKAWASKA (170) schreiben, dass es nur nach längerer Belastung zu einem Blutzuckerabfall kommt.

Beim Pferd dagegen sind die Ergebnisse der Untersuchungen betreffend Glukosespiegel Veränderung nach Belastung sehr unterschiedlich. In der Regel kommt es zu einer Hypoglykämie (51, 86, 135, 136, 156, 157, 160, 250, 251). KRZYWANEK (158) und LINDHOLM (167) finden nach Hochleistungsbelastung einen deutlich erhöhten Glukosespiegel. Sie vermuten, dass diese Hyperglykämie durch vermehrte Ausschüttung von Katecholaminen bedingt ist. BOBYLEW (38) findet ähnliche Resultate wie beim Menschen, das heisst, dass es nur bei untrainierten Pferden zu einem Glukosespiegel Abfall kommt, während es bei trainierten zu einer Erhöhung über den Ruhewert hinaus kommt. ANDERSON (8) findet sowohl Anstiege und Abfälle der Blutzuckerwerte.

Nach zehnminutiger Arbeit ist der Anstieg des PYRUVATS bei den Trainierten klein und unsignifikant, im Gegensatz zu den Untrainierten (135, 149, 277, 283). Nach sechzigminutiger Arbeit fiel die mittlere Pyruvatkonzentration bei den Trainierten um 15% unter den Ruhewert, bei den Untrainierten dagegen nur um 5%.

## 4.2. Der Säure-Basen-Status in der Arbeitsphysiologie

Die in das Blut übertretende Milchsäure (ein Fünftel wird in Zellen verschiedener Organe oxidiert) wird überwiegend durch das Kohlensäure-Alkalibikorbonat-System und das Haemoglobin-System, zu einem geringen Teil durch Plasmaeiweiss und Phosphat gepuffert.

Kommt es zu einer metabolischen Azidose, die ASTRUP (15) als einen Zustand mit primärer, nicht respiratorisch bedingter Herabsetzung des Standardbikarbonats definiert, dann bewirkt eine kompensatorische Hyperventilation ein Absinken des alveolären und in der Folge des arteriellen $CO_2$- Druckes, wodurch der vorher abgefallene pH-Wert wieder ansteigt.

Die Beurteilung der Belastungsazidose, gemessen am Säure-Basen-Status. die zu 90% durch Laktat hervorgerufen ist, kann nach einer Vielzahl von Gesichtspunkten erfolgen, z.B. pH-Verschiebung, Veränderung des Gehaltes an Milchsäure, Standardbikarbonat, Kohlensäure (77, 137, 159, 161).

FREMINET (91) beweist, dass sowohl untrainierte wie auch trainierte Ratten denselben Laktat-Grundumsatz haben.

Nach der Belastung soll die Laktatkonzentration noch während 6 Minuten zunehmen. Sie ist im Muskel höher als im venösen Blut. Danach nimmt die Konzentration im Muskel ab, und dadurch erhöht sich der Blutwert. Erst später nimmt die Laktatkonzentration im Blut ab (73).

Trainierte Sportler haben eine viel grössere aerobe Kapazität, da die Kapillarenzahl im hypertrophierten Muskel vermehrt ist, die vasomotorischen Veränderungen die Durchblutung erhöhen und veränderte metabolische Adaptionen auftreten. Sie sind daher erst nach längerer Anstrengung oder bei höherer Leistung auf die anaerobe Energiebeschaffung angewiesen und erzeugen dadurch für die gleiche Leistung weniger Laktat als Untrainierte (8, 38, 42, 43, 59, 61, 82, 84, 86, 130, 135, 147, 149, 157, 170. 184, 185, 232, 239, 252, 275, 277, 278).

Der Grad der Lactacidämie ist ein objektives Kriterium der individuellen Belastung, da sie vom adequaten Sauerstofftransport und vom Sauerstoffverbrauch abhängt. Im interindividuellen Vergleich ist damit ein Mass für die Leistungsfähigkeit gegeben (10, 12, 42, 43, 145, 159, 184, 210. 252, 273, 274).

Das sogenannte "Laktat-Training" ist einer der signifikantesten Effekte des Trainings. Trainierte tolerieren während der Arbeit einen höheren Laktatspiegel im Blut unter anderem dank einer grösseren Alkalireserve. Damit wird mehr Laktat gepuffert und eine grössere Sauerstoffschuld ermöglicht (10, 94, 143, 164, 191, 208, 217, 218, 230).

DE LANNE (72), KRZYWANEK (152, 153, 159) und LUKAWSKA (170) zeigen, dass die Standardbikarbonatkonzentration hoch ist bei niedriger Laktatkonzentration und umgekehrt. Infolge der geringeren Milchsäurebildung und der besseren Pufferung zeigt der Trainierte bei Belastung eine geringere metabolische Azidose (59, 78, 86, 94, 157, 159, 208, 209, 230). Der Trainingseffekt ist insofern spezifisch, als ein Mensch in derjenigen Sportart, für die er speziell trainiert, den höchsten Milchsäurespiegel toleriert (43).

Beim Pferd kann die Laktatkonzentration durch starke Belastung um mehr als das Vierzigfache gegenüber dem Ruhewert ansteigen (8, 10, 84, 85, 135, 136, 152, 153, 156, 167, 198, 288). Wenn die Blutlaktatkonzentration in der Tat ein Mass für die bei körperlicher Belastung anaerob geleistete Arbeit ist, könnten die bei Pferden gemessenen hohen Blutlaktatkonzentrationen bedeuten, dass Pferde eine grössere anaerobe Kapazität besitzen als der Mensch.

KRZYWANEK (153) bemerkt beim Pferd, dass bei Lactacidämie bis etwa 13 m Val/l der pH-Wert sich direkt

proportional mit der Laktatkonzentration ändert.Bei höherer Laktatkonzentration sinkt der pH Wert jedoch stärker ab. Interessanterweise kommt es nach einem 100 Meilen Ritt bei 41°C Aussentemperatur bei gut trainierten Pferden zu einer metabolischen Alkalose (53, 56). Auch bei Hunden konnte nach maximaler Arbeit eine metabolische Alkalose festgestellt werden. Diese metabolische Alkalose kann bei Verminderung des Blutvolumen beobachtet werden, sowie unter Wirkung mineralocorticoider Hormone, respektive Hypokaliaemie und Hypochloraemie.

## 4.3. Literaturübersicht zur Plasmaenzymaktivität während der Arbeit

Der Aktivitätsanstieg der Blutplasmaenzyme während der Arbeit könnte einerseits als Folge einer Zellschädigung auftreten, andererseits als Folge einer erhöhten Zellpermeabilität. Durch das Training würden weniger Zellen zerstört, was den geringeren Anstieg der Werte unter der Belastung erklären würde (48, 83, 95). Andererseits könnte der Aktivitätsanstieg auf einer Veränderung des Zellstoffwechsels beruhen:bei Arbeit käme es zu einer vergrösserten Durchlässigkeit der Zellmembran. Training würde vor dieser Durchlässigkeit schützen (58, 119). Das ATP, welches zu 95% in den Mitochondrien gebildet wird, gewährt der Zellmembran die Integrität. Durch das Training werden sowohl die Zahl als auch die Grösse der Mitochondrien erhöht (41, 100, 120, 124, 187). Infolge Sauerstoffmangels kommt es zu Veränderungen im Stoffwechsel der Muskulatur. Da trainierte Muskeln eine bessere Sauerstoffversorgung haben, könnte man dadurch den geringen Aktivitätsanstieg erklären (115, 237, 256, 284). Auch ANDERSON (9) verwirft die Hypothese der Zellmauserung: in ihren Experimenten verändert sich die Serumkonzentration des zytoplasmatischen GOT nicht. Der Uebertritt intrazellulärer Enzyme in die Zirkulation ist die Folge einer temporären und selektiven Veränderung der Zellmembranpermeabilität und nicht die Folge einer Gewebenekrose.

Die Aldolase (ALD) katalysiert eine Aldolkondensation. Die Aldolase liefert Triosephosphate aus Hexosediphosphaten und umgekehrt.

Die Alkalische Phosphatase (AP) spaltet Phosphate ab, und zwar nur Monoesterverbindungen bei pH Optimum 7,8.

Die Transaminasen Glutamat Oxalacetat Transaminase (GOT) und die Glutamat Pyruvat Transaminase (GPT) markieren Reaktionen, bei denen die $\alpha$-Aminogruppe einer Aminosäure (Glutamat), die im Stoffwechsel abgebaut wird, gegen die Ketogruppe einer $\alpha$-Ketosäure ausgetauscht wird. Dabei entstehen andere $\alpha$-Aminosäuren (Aspartat) und $\alpha$-Ketosäuren (Oxalacetat, Pyruvat), welche den jeweiligen Erfordernissen des Aminostoffwechsels angepasst sind.

Die Laktat Dehydrogenase (LDH) fördert entweder die Oxidation von Laktat zu Pyruvat unter Abgabe von zwei Elektronen und einem Wasserstoff Ion an das NAD oder die Reduktion von Pyruvat zu Laktat unter Aufnahme von zwei Wasserstoffatomen vom NADH. Bei der Glykolyse wird die Kette durch LDH abgeschlossen, indem sie die Brenztraubensäure reduziert und das NAD wieder in dehydrierter Form zur Verfügung stellt.

Die Malat Dehydrogenase (MDH) überträgt im letzten Schritt des Krebszyklus den Wasserstoff der sekundären Alkoholgruppe des Malats auf NAD, wobei aus Malat Oxalacetat entsteht.

Creatinphosphat stellt eine Energiereserve im Cytoplasma der Muskelzelle dar, die es gestattet ATP zu regenerieren.

Der Creatinphosphat Abbau wird vom weitgehend muskelspezifischen Enzym Creatinphosphokinase (CPK) gesteuert; seine Aktivität richtet sich nach dem jeweiligen ATP Verbrauch. Der energiereiche Phosphatrest des Creatinphosphates wird auf ADP übertragen, wodurch erneut ATP entsteht. Bei dynamischer Arbeit steigt der Creatinphosphat Zerfall etwa linear mit der geleisteten Arbeit.

Creatinin ist das Anhydrid von Creatin. Es stammt aus dem durch Muskelkontraktion dephosphorylierten Creatin, welches nicht rephosphorylisiert wurde.

Die Suche nach neuen Parametern des Trainingszustandes hat bisher folgendes ergeben:

### 4.3.1. Literaturübersicht zur Plasmaenzymaktivität während der Arbeit beim Menschen

ALD: Cantone et al, 1960 (45) Der Ruhewert der Aldolase ist höher bei Trainierten als bei Untrainierten. Die Enzymaktivität nach schwerer Arbeit nimmt bei Untrainierten rascher zu als bei Trainierten.

CREATIN: Prokop, 1960 (209) Längeres Training führt zur Zunahme der Creatinwerte im Blut.

ALD, GOT, GPT, LDH, MDH: Bratton et al, 1962 (41) Die Enzymaktivität steigt während der Arbeit an. Unterschiede zwischen den Versuchspersonen könnten auf dem Trainingszustand beruhen.

ALD, GOT, GPT, LDH, MDH: Fowler et al, 1962 (88) Zwischen Trainierten und Untrainierten gibt es keine signifikanten Unterschiede der Ruhewerte. Der GOT, GPT und MDH Anstieg war bei Trainierten geringer (GOT Anstieg signifikant geringer) als bei Untrainierten. Eine Aldolase und LDH Erhöhung konnte nur nach schwerer Arbeit bei Untrainierten festgestellt werden.

ALD, GOT, GPT, LDH: Garbus et al, 1964 (95) Training schützt vor einer Erhöhung der Serumenzyme ALD, GOT, GPT und LDH, die durch längere Arbeit bedingt ist und verhindert das Auftreten von Isoenzymen, die im Normalserum nicht vorhanden sind.

ALD, CPK, GOT, GPT, LDH, MDH: Swaiman et al, 1964 (248) Nach zehnminutiger Arbeit ist die Enzymaktivität nicht erhöht. Nach schwerer körperlicher Arbeit sind die GOT Werte signifikant erhöht.

GOT, GPT: Los Angeles Forschergruppe, 1965 (168) Zwischen Trainierten und Untrainierten gibt es keine signifikanten Unterschiede in den Ruhewerten. Ein signifikant höherer Anstieg der GOT und GPT Aktivitäten für die Kontroll-Gruppe - verglichen mit den Trainierten - konnte gezeigt werden. Es werden Beziehungen zwischen der Schwere und Dauer der Belastung und dem Aktivitätsanstieg erkannt.

CPK: Vejjajiva et al, 1965 (257) Nach der Arbeit kommt es zur Erhöhung der CPK Aktivität.

GPT, MDH: Sangster et al, 1966 (231) Weder Arbeit noch Training verursachen eine signifikante Aenderung im Plasma GPT. Die MDH Aktivität stieg jedoch nach der Arbeit an.

ALD, CPK, GOT, GPT, LDH, MDH: Fowler et al, 1968 (89) Die GOT, GPT und MDH Werte stiegen parallel zur Arbeitsintensität. Die Erhöhung war grösser bei Untrainierten als bei Trainierten. LDH und ALD waren uneinheitlich. $LDH_5$ war nicht erhöht. CPK Erhöhung verlief nicht paralell zur Arbeitsintensität, jedoch war auch hier die Erhöhung bei den Untrainierten grösser als bei den Trainierten.

CPK, GOT: Nutall et al, 1968 (192) Im untrainierten Zustand zeigten GOT und CPK Werte signifikante Anstiege nach körperlicher Arbeit. Nach dem Training ergaben sich nach den gleichen Uebungen keine wesentlichen Aenderungen dieser Enzymaktivitätswerte.

GPT, MDH: Beaton et al, 1969 (29) Training ruft eine Erhöhung der MDH Plasmaaktivität nach sich ohne die GPT Werte zu ändern. Die MDH Aktivitätserhöhung könnte dementsprechend ein Kriterium zur Beurteilung des Trainingszustandes sein.

CPK, GOT, GPT, LDH: Block et al, 1969 (37) Nach der Arbeit kommt es zu einer signifikanten Erhöhung der GOT, GPT, CPK und LDH. Es gibt jedoch keine Unterschiede in der enzymatischen Konzentration zwischen trainierten Sportlern und untrainierten Personen. Das mag wohl an der Methode von BLOCK et al liegen, wonach alle Versuchspersonen eine maximale Herzschlag Frequenz erreichen mussten. Um die maximale Herzschlag Frequenz zu erreichen hat der trainierte Sportler eine viel grössere Anstrengung leisten müssen als die untrainierten Versuchspersonen.

LDH: Rose et al, 1970 (224) Bei hochtrainierten Sportlern verschiebt sich nach einem 10.000 m Lauf nur die $LDH_5$ signifikant (ihre grösste Konzentration findet man im Skelettmuskel, Leber, Thrombozyten und Erythrozyten).Die Gesamt LDH hat sich nicht signifikant verändert.

CPK, LDH: Rose et al, 1970 (225) Bei gut trainierten Läufern waren nach 41,86 km die Gesamt LDH, Gesamt CPK und $LDH_5$ signifikant erhöht. Keine signifikanten Veränderungen wurden bei $LDH_1$ und $LDH_2$ festgestellt.

CPK, GOT, LDH: Hunter et al, 1971 (124) Die Ruhe-Aktivität von CPK und GOT wird durch das Training nicht verändert. Die Ruhe-Aktivität von LDH hingegen erhöht sich durch das Training. Nach maximaler Arbeit waren vor der Trainingsperiode alle drei Enzymwerte erhöht, nach

submaximaler Arbeit hingegen nur die Werte CPK und GOT. Nach der Trainingsperiode war bei maximaler Arbeit der CPK Anstieg signifikant vermindert, und die GOT Erhöhung blieb immer noch signifikant. Bei submaximaler Arbeit waren die CPK und LDH Aktivitäten nicht mehr erhöht und die GOT Werte signifikant verringert.

CREATIN, CREATININ, CPK und GOT: Böhmer, 1973 (39) Untrainierte Personen weisen in Ruhe eine tiefere Konzentration von Creatin (welches unter Anstrengung ansteigt) auf. Gut trainierte Personen zeigen einen hohen Creatin Wert, der sich jedoch durch die Anstrengung kaum verändert.

CPK, GOT, GPT, LDH: Eifler, 1973 (83) Bei Trainierten sind die Ruhewerte der GOT erhöht. Bei Anstrengung jedoch ist die Serumaktivität Erhöhung der Trainierten geringer als bei Untrainierten. Für die GPT findet EIFLER die Ruhewerte im Normalbereich sowohl bei Trainierten als auch bei Untrainierten. Dagegen steigt die GPT der Untrainierten erheblich nach der Arbeit; bei den Trainierten wird eine unmerkliche Veränderung festgestellt. Der Ruhewert der CPK ist bei Sportlern häufig erhöht. Untrainierte zeigen einen höheren CPK Anstieg als Sportler. LDH lassen nur undifferenzierte Aussagen zu. Bei Spitzensportlern ist die LDH Aktivität sichtbar höher als bei Sportlern der unteren Leistungsklasse.

### 4.3.2. Literaturübersicht zur Plasmaenzymaktivität während der Arbeit bei der Ratte

LDH: Altland et al 1961 (3) Bei untrainierten Ratten steigen die LDH Werte nach der Arbeit.

ALD, AP, GOT, GPT, LDH: Highman et al, 1963 (116) Bei Ratten reduziert das Training den Enzymanstieg im Serum während der Arbeit. Die GPT Werte weisen einen ähnlichen aber proportional kleineren Anstieg und hernach Abfall als die GOT und ALD auf. Die LDH Veränderungen sind uneinheitlich. Nach dem Training zeigt die AP keine Erhöhung mehr. Bei Untrainierten ergab sich für AP eine grosse Abnahme der Werte.

GPT, MDH: Beaton, 1966 (28) Bei Ratten erhöht Training die MDH Plasmaaktivität ohne die GPT Werte zu verändern.

GOT: Critz, 1966 (65) Nach einer Minute Schwimmen sinkt bei der Ratte der GOT Wert. Nach 10-15 Minuten langem Schwimmen sind die Werte unverändert, nach 30-60 Minuten langem Schwimmen sind die Werte erhöht.

ALD, GOT, GPT, LDH: Schmidt et al, 1969 (236) Unter gleichen Arbeitsbedingungen zeigten die untrainierten Ratten eine 2-5 mal höhere Enzymaktivität als die trainierten. Das Verhältnis untrainiert/trainiert steht für ALD 5,8; GOT 3,4; GPT 3,6; LDH 3,7.

CPK, GOT: Wagner et al, 1970 (258) Die Plasma GOT Werte, nicht aber die CPK Werte, erhöhten sich während der sechswöchigen Trainingszeit bei Ratten.

### 4.3.3. Literaturübersicht zur Plasmaenzymaktivität während der Arbeit beim Pferd

GOT: Cardinet et al, 1963 (48) Der Ruhewert ist bei trainierten Pferden stets höher als bei untrainierten. Nach der Belastung sind die GOT Werte erhöht.

GOT: Cornelius et al, 1963 (63) Der GOT Ruhewert liegt um das zwei- bis dreifache höher bei täglich trainierten Rennpferden als bei weniger trainierten Pferden. Bei den Blutproben vor und unmittelbar nach einem Rennen haben trainierte keinen Unterschied im GOT Serumspiegel, die untrainierten Pferde dagegen weisen einen erheblichen Anstieg auf.

GOT: Gerber, 1963 (98) Regelmässiges Training bei Vollblütern ruft eine physiologische Erhöhung der GOT Aktivität um das zwei- bis dreifache hervor.

GOT: Ullrich, 1966 (256) Gut trainierte Traber haben erhöhte GOT Ruhewerte. Nach der Belastung kommt es zu einem starken Anstieg.

CPK, GOT, LDH, MDH: Riethmüller, 1970 (216) Nach einem Renngalopp über 1000 m ist der Anstieg für CPK, GOT, MDH gegenüber den Ruhewerten signifikant. Die LDH unterscheidet sich von den anderen Enzymen durch einen Abfall. Unterschiedliche Intensität des Trainings beeinflusst die Höhe der Enzymaktivitäten. Nach einem siebenmonatigen Training wird ein statistisch gesicherter Anstieg der Enzyme GOT und CPK um 30%, der LDH und MDH um 25% verzeichnet. Bei vier leistungsschwachen Pferden liegen die Messwerte für GOT und CPK um 300% höher

als die Ausgangswerte. Dies wird auf pathologische Veränderungen des Bewegungsapparates zurückgeführt. Riethmüller schlägt eine laufende Bestimmung der GOT und CPK Aktivität im Plasma während des Trainings vor, um zu beurteilen, wie weit beim Einzeltier die Trainingsanforderungen gesteigert werden können, ohne Schäden am Bewegungsapparat hervorzurufen.

CPK, GOT: Milne, 1974 (185) Nach der Arbeit gibt es einen signifikanten Anstieg der CPK und GOT Werte. Der Anstieg bei untrainierten Pferden ist grösser als bei trainierten.

ALD, CPK, GOT, LDH: Anderson, 1975 (9) Nach der Arbeit waren die ALD, CPK und LDH bei den trainierten Pferden weniger erhöht als bei den untrainierten. Die Serum Aktivität der GOT verändert sich nicht signifikant.

CPK, GOT, LDH: Milne et al, 1976 (184) Es gibt keinen Unterschied zwischen den Ruhe- und Arbeitswerten bei trainierten Pferden .

### 4.3.4. Zusammenfassung

Zusammenfassend ist zu bemerken, dass erstaunlich diskrepante Resultate publiziert worden sind (was vielleicht an der ungenügenden Standardisierung der Versuchsanordnung liegt); doch scheinen in Ruhe etliche Enzymwerte beim Trainierten höher zu sein als beim Untrainierten. Dagegen scheinen die Enzymwerte unter Belastung beim Untrainierten höher anzusteigen als beim Trainierten. Dieses Verhalten zeigt z. B. die weitgehend muskel- spezifische CPK.

## 4.4. Literaturübersicht zum Elektrolyt-Haushalt und Osmolarität in der Arbeitsphysiologie

Die Serumkonzentrationen von Natrium, Chlorid, Calcium, Kalium, Magnesium und Phosphaten steigen am Ende einer Belastung geringgradig an. Dies widerspiegelt sowohl eine durch die Belastung bedingte Haemokonzentration wie auch eine absolute Erhöhung der Elektrolytkonzentrationen. Während der metabolischen Acidosis werden Elektrolyte aus dem Intracellulärraum gegen H-Ione ausgetauscht. Infolge der unterschiedlichen Diffusionsgeschwindigkeit der Ionen und der unterschiedlichen Konzentration ist der Efflux der Elektrolyte aus dem Intracellulärraum verschieden (32, 57, 59, 71, 90. 182, 185, 207, 222, 223, 226, 244 , 256).

Im gesamten Elektrolythaushalt wurden keine signifikanten Unterschiede zwischen Trainierten und Untrainierten festgestellt (53).

Kalium-und Phosphat-Werte liegen unter Belastung mehrfach höher als die Ausgangswerte (32, 33, 62, 72, 90, 119, 143, 145, 163, 208, 209, 222, 223, 244). Bemerkenswert ist, dass Kalium in der Erholungsphase nach der Belastung viel schneller als die anderen Elektrolyte unter den Ruhewert sinkt (62, 90, 222, 242, 272). Es könnte sich dabei um den Rückfluss vom Intravasalen- in den Intrazellulärraum handeln. Und zwar sinkt das Kalium bei Untrainierten tiefer als bei Trainierten (113, 244).

Obwohl Natrium und Chlorid Bestandteile des Schweisses sind, können ihre Werte im Plasma nach der Arbeit als annähernd unverändert betrachtet werden (90, 185, 191, 242).

Nach einem 100 Meilen Ritt bei 41°C Aussentemperatur finden CARLSON (52, 56) und MANSMANN (173) sowohl eine Hypochloraemie als auch eine Hypocalcaemie. Die Phosphor-Werte sollen steigen (53).

Die Osmolarität als Mass für die Gesamtelektrolyt-konzentration steigt je nach Belastungsintensität mehr oder weniger an, trotz Abfallen der Bikarbonatkonzentration. Die Gründe dafür sind: Verschiebung in der Proteinfraktion und dadurch Wasserverlust, erhöhter Elektrolytspiegel, Bildung von Laktat (32, 59, 71, 90. 156, 207, 228).

Der Unterschied zwischen trainierten und untrainierten Pferden ist in keinem Fall statistisch gesichert (155, 157, 158, 160, 272).

# 5. MATERIAL UND METHODE

## 5.1. Versuchstiere

Im Rahmen der Leistungsprüfungen wurden 1977 im Eidgenössischen Gestüt in Avenches Blutproben von 27 HENGSTEN entnommen:

3 x 8 Blutproben bei der Leistungsprüfung für Freiberger und Haflingerhengste am 22. März 1977 (sechs fünfjährige Freiberger, ein sechs- und ein siebenjähriger Haflinger).

3 x 11 Blutproben bei der Leistungsprüfung II für Warmblutzuchthengste am 12. Oktober 1977 (sieben fünfjährige, zwei sechs- und zwei siebenjährige).

3 x 8 Blutproben bei der Leistungsprüfung I für Warmblutzuchthengste am 16. November 1977 (sechs dreijährige, ein vier-und ein fünfjähriger).

Der Gesundheitszustand der Hengste, unter spezieller Berücksichtigung der Konstitution, des Herzens, des Kreislaufes, der Atemfrequenz, der Körpertemperatur und der Schweissbildung, wurde vor, während und nach den einzelnen Leistungsprüfungen untersucht.

Die bundeseigenen Hengste sind in den Tabellen des Kapitels 6 mit einem ⊕ bezeichnet.

## 5.2. Versuchsplan

Zur Ruhewertbestimmung wurden durch die betreuenden Pfleger die Blutproben zwischen 0600 und 0700 Uhr in den Stallboxen vor dem Füttern entnommen. Dabei wurde eine Erregung der Pferde möglichst vermieden.

Die Belastungsprobe wurde unmittelbar nach der Rückkehr der Hengste - nachdem sie abgespannt, abgesattelt und abgeschirrt waren - nach folgenden Prüfungen entnommen:

- Zugleistung und Gängigkeit im Rahmen der Leistungsprüfung für Freiberger und Haflingerhengste (siehe 2.1.).
- Distanzritt im Rahmen der Leistungsprüfung II für Warmblutzuchthengste (siehe 2.2.).
- Geländeritt im Rahmen der Leistungsprüfung I für Warmblutzuchthengste (siehe 2.3.).

Als Mass für die Leistung habe ich die für einen Kilometer benötigte Zeit in Sekunden (199) verwertet. Die Leistung entspricht somit der Gesamtzeit (in Sekunden) dividiert durch die Gesamtdistanz(in Kilometern).

Die Erholungsprobe wurde genau eine Stunde nach der Belastungsprobe in den Boxen entnommen.

## 5.3. Training und Fütterung der Hengste im Hinblick auf die Leistungsprüfung

Es besteht kein einheitlicher Trainings- und Fütterungsplan für die Hengste, weil sowohl bundeseigene als auch private Hengste gestellt wurden. Die folgenden Beispiele geben Einblick in die Verschiedenheit der Pläne.

Freiberger und Haflinger Hengste, Leistungsprüfung vom 22. III. 1977

Die zwei bundeseigenen Freiberger trainierten vom Herbst 1976 bis Januar 1977 fünfmal wöchentlich während 45 Minuten im Zweigespann. Anfangs Januar wurde die Trainingszeit allmählich bis auf zwei Stunden verlängert. Ab Februar wurden die Hengste sechsmal pro Woche im Eingespann ausgeführt. Während acht Wochen vor der Prüfung wurden täglich 6 kg Hafer gefüttert.

Adlerflor (privat), der schnellste Haflinger, soll erst Ende Januar 1977 in das Kumt gelegt worden sein. Er wurde jeden zweiten Tag trainiert im schnellen Schritt mit wenig Trab über 10 bis 12 km. Vor der Leistungsprüfung legte Adlerflor sechsmal die Strecke über 21 km Matten-Grindelwald mit einem Höhenunterschied von 484 m zurück. Als er zum zweiten Mal diese Strecke zurücklegte, soll Adlerflor sehr nervös gewesen und erschöpft nach Hause gekommen sein. Der Hengst ist sehr gehorsam und hat einen schnellen Auftakt. Es wurden täglich 4 l Hafer und 2 l Maiskörner gefüttert.

5½-jährige Warmblut Zuchthengste, Leistungsprüfung II vom 12. X. 1977

Die neun 5½-jährigen Warmbluthengste wurden in Avenches ab Ende Mai 1977 fünfmal wöchentlich 75 Minuten geritten. Ab Mitte September 1977 wurden sie sogar sechsmal wöchentlich geritten. Zweimal wöchentlich wurde gesprungen, davon einmal im Gelände. Einmal wöchentlich wurde ein Galopptraining durchgeführt. Jede zweite Woche wurde im Berg geritten.

3½-jährige Warmbluthengste, Leistungsprüfung I vom 16.XI. 1977

Die sechs bundeseigenen 3½-jährigen Warmbluthengste wurden im Frühjahr 1977 angeritten, von März 1977 bis anfangs September 1977 fünfmal wöchentlich 45 Minuten in der Bahn oder im Freien. Ab September 1977 wurden die Hengste sechsmal wöchentlich geritten, und zwar einmal während 90 Minuten.

Inschallah (privat) 3½-jähriger Warmbluthengst wurde ab Mitte Juni bis Mitte August 1977 angeritten: zwei- bis dreimal wöchentlich 40 Minuten Gymnastik (cavalette bis zu 60 cm) oder im Gelände, zweimal wöchentlich longiert, davon einmal wöchentlich auf Gras. Ab Mitte August 1977 Konditionstraining im Berg: Trab. Jede zweite Woche auf der Allmend Frauenfeld Galopptraining über eingebaute Hürden, anfänglich 6 "Heats" mit Steigerung bis auf 18 "Heats".

Hebron (privat) wurde ab September 1977 sechsmal wöchentlich unter den Sattel genommen, davon einmal wöchentlich länger als 60 Minuten. Zusätzlich wurde er einmal wöchentlich longiert.

## 5.4. Gewinnung der Proben

### 5.4.1. Blutentnahme

Zur Blutentnahme aus der leicht gestauten Jugularvene wurde eine sterile Record-Kanüle (sterile disposable hypodermic needle metal round hub, Record Medi Plast 60x20 mm) verwendet.

Es wurden folgende Blutmengen entnommen:

- 10 ml in ein Röhrchen, welches zur Koagulatinshemmung zwei Tropfen Liquemin 5000 R (Roche) enthielt. Das Blut wurde sofort eisgekühlt und alsdann in das Laboratorium überführt um verarbeitet zu werden.
- 50 ml in ein Gefäss, in dem das Blut koagulieren konnte.

### 5.4.2. Kritik der Methode

Wir sind auf eine Blutentnahme aus der Vena jugularis angewiesen, das heisst auf Blut, das aus dem Kopfgebiet zum Herzen zurückfliesst. Einen Mittelwert über alle Organe würde man im venösen Mischblut der rechten Herzhälfte erhalten, wozu jedoch die Kathetertechnik angewendet werden müsste, was sich im Rahmen der Leistungsprüfungen nicht realisieren liess.

## 5.5. Biochemische Methoden

Glukose-Bestimmung gemäss der GOD Perid® Methode (6, 238, 261) mit der Boehringer Mannheim GMBH Biochemica Test-Combination Blutzucker No 15755.

Pyruvat-Bestimmung gemäss CZOK und LAMPRECHT (34, 68) mit der Boehringer Mannheim GMBH Biochemica Test-Combination Pyruvate No 124982.

Laktat-Bestimmung gemäss GUTMANN und WAHLEFELD (34, 104) mit der Boehringer Mannheim GMBH Biochemica Test-Combination Lactat No 124842.

Fructose-1,6-diphosphat-Aldolase-Bestimmung (87, 293) mit der Boehringer Mannheim GMBH Biochemica Test-Combination Aldolase 15974.

Alkalische Phosphatase (AP)-Bestimmung gemäss der "optimierten Standard Methode" (292) mit der Boehringer Mannheim GMBH Biochemica Test-Combination Alkalische Phosphatase opt. No 15990.

Creatin Phosphokinase (CPK)-Bestimmung gemäss der "optimierten Standard Methode" (292) mit der Boehringer Mannheim GMBH Biochemica Test-Combination CPK aktiviert No 15926.

Glutamat Oxalacetat Transaminase (GOT)-Bestimmung gemäss der "optimierten Standard Methode" (292) mit der Boehringer Mannheim GMBH Biochemica Test-Combination GOT opt. No 15766.

Glutamat Pyruvat Transaminase (GPT)-Bestimmung gemäss der "optimierten Standard Methode"(292) mit der Boehringer Mannheim GMBH Biochemica Test-Combination GPT opt. No 15767.

Creatinin-Bestimmung gemäss der Jaffé - Methode mit Enteiweissung (206, 241) mit der Boehringer Mannheim GMBH Biochemica Test-Combination Creatinin No 124192.

## 6. RESULTATE

Die Resultate sind in den sechs Tabellen auf Seiten 48-53 numerisch zusammengestellt.

Die Auswertung der klinisch-chemischen Blutuntersuchungen liess generell folgendes erkennen:

- Der Glukosespiegel schwankte unter Belastung im Durchschnitt nur unsignifikant bei den 5½-jährigen Warmblut- und den Freiberger und Haflinger Hengsten. Der Glukosespiegel sank unter Belastung im Durchschnitt um 16% bei den 3½-jährigen Warmblut Hengsten um in der Erholungspause wieder in Richtung der Normalglykämie anzusteigen.
- Der Pyruvatspiegel stieg unter Belastung im Durchschnitt nur unsignifikant bei den 5½-jährigen Warmblut- und den Freiberger und Haflinger Hengsten (Ausnahme Sirocco). Während der Erholungspause sank der mittlere Pyruvatspiegel unter den entsprechenden Ruhewert.
  Der Pyruvatspiegel verdreifachte sich unter Belastung im Durchschnitt bei den 3½-jährigen Warmblut Hengsten. Während der Erholungspause stieg der mittlere Pyruvatspiegel über den entsprechenden Ruhemittelwert.
- Der Laktatwert verdoppelte sich unter Belastung im Durchschnitt bei den 5½-jährigen Warmblut- und den Freiberger und Haflinger Hengsten.
  Der Laktatmittelwert stieg hingegen unter Belastung um das achtfache bei den 3½-jährigen Warmblut Hengsten. Die Laktatwerte näherten sich nach der Erholungspause im Durchschnitt den entsprechenden Ruhemittelwerten.
- Die Konzentrationswerte der Enzyme AP, ALD, CPK, GOT und GPT stiegen unter Belastung im Durchschnitt an.
- Die Konzentration von Creatinin stieg unter Belastung im Durchschnitt an und sank in der Erholungspause langsam aber regelmässig wieder ab.

6.1.

RESULTATE der LEISTUNGSPRUEFUNG für FREIBERGER- und HAFLINGER HENGSTE, 22.III.1977.

8 Hengste, davon 4 Private und 2 Bundeseigene Freiberger ⊕ sowie 2 Haflinger*

ENERGIE PARAMETER

| | Jahrgang | Total Zeit AC/CA in Minuten | Zeit CA in Minuten | CA sec/km | | Glukose m mol/l | Pyruvat µ mol/l | Laktat m mol/l | Glukose/ Laktat | Pyruvat/ Laktat x $10^{-3}$ | Definitive Einschätzung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | R | 3,92 | 6,33 | 0,65 | 6,03 | 9,74 | |
| Adlerflor* | 70 | 138 | 43 | 215 | B | 6,33 | 2,72 | 3,23 | 1,96 | 0,84 | 173 |
| | | | | | E | 4,12 | 4,53 | 1,86 | 2,22 | 2,44 | |
| | | | | | R | 3,70 | 16,29 | 0,69 | 5,65 | 23,61 | |
| Reza | 72 | 142 | 47 | 235 | B | 3,72 | 5,43 | 1,37 | 2,72 | 3,96 | 173 |
| | | | | | E | 3,92 | 16,29 | 1,25 | 3,14 | 13,03 | |
| | | | | | R | 4,60 | 8,15 | 0,82 | 5,61 | 9,94 | |
| Editeur | 72 | 136 | 48 | 240 | B | 4,30 | 9,05 | 2,97 | 1,45 | 3,05 | 174 |
| | | | | | E | 3,25 | 4,53 | 1,43 | 2,27 | 3,17 | |
| | | | | | R | 4,10 | 7,24 | 0,77 | 5,32 | 9,40 | |
| Antimon* | 71 | 144 | 50 | 250 | B | 3,40 | 7,24 | 1,06 | 3,21 | 6,83 | 179 |
| | | | | | E | 3,44 | 3,62 | 0,95 | 3,62 | 3,81 | |
| | | | | | R | 3,87 | 7,24 | 1,03 | 3,76 | 7,03 | |
| Judex | 72 | 139 | 51 | 255 | B | 2,95 | 23,88 | 0,83 | 3,55 | 28,77 | 185 |
| | | | | | E | 2,68 | 11,76 | 1,11 | 2,41 | 10,59 | |
| | | | | | R | 4,02 | 4,53 | 0,64 | 6,28 | 7,08 | |
| Ursinus ⊕ | 72 | 147 | 51 | 255 | B | 3,68 | 3,62 | 0,93 | 3,96 | 3,89 | 170 |
| | | | | | E | 3,31 | 7,24 | 0,90 | 3,68 | 8,04 | |
| | | | | | R | 3,25 | 7,24 | 0,89 | 3,65 | 8,13 | |
| Jerry ⊕ | 72 | 151 | 55 | 275 | B | 3,19 | 8,15 | 1,05 | 3,04 | 7,76 | 179 |
| | | | | | E | 3,06 | 4,53 | 0,99 | 3,09 | 4,58 | |
| | | | | | R | 4,25 | 10,86 | 0,61 | 6,97 | 17,80 | |
| Jury | 72 | 155 | 63 | 315 | B | 3,72 | 16,29 | 1,25 | 2,98 | 13,03 | 173 |
| | | | | | E | 3,22 | 10,86 | 0,87 | 3,70 | 12,48 | |

6.2.

RESULTATE der LEISTUNGSPRUEFUNG für FREIBERGER- und HAFLINGER HENGSTE, 22.III.1977.

8 Hengste, davon 4 Private und 2 Bundeseigene Freiberger ⊕ sowie 2 Haflinger*

ENZYME

| | Jahrgang | Total Zeit AC/CA in Minuten | Zeit CA in Minuten | CA sec/km | | AP U/l | ALD U/l | CPK U/l | GOT U/l | GPT U/l | Creatinin µ mol/l | Definitive Einschätzung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Adlerflor* | 70 | 138 | 43 | 215 | R | 128 | 5,35 | 46 | 180 | 9 | 129 | |
| | | | | | B | 156 | 8,98 | 76 | 214 | 19 | 200 | 173 |
| | | | | | E | 178 | 7,70 | 69 | 180 | 10 | 195 | |
| Reza | 72 | 142 | 47 | 235 | R | 106 | 5,99 | 49 | 176 | 8 | 125 | |
| | | | | | B | 86 | 10,06 | 58 | 200 | 12 | 179 | 173 |
| | | | | | E | 90 | 7,61 | 69 | 222 | 22 | 170 | |
| Editeur | 72 | 136 | 48 | 240 | R | 138 | 11,25 | 43 | 256 | 20 | 108 | |
| | | | | | B | 140 | 5,61 | 73 | 276 | 16 | 170 | 174 |
| | | | | | E | 142 | 10,53 | 73 | 180 | 11 | 141 | |
| Antimon* | 71 | 144 | 50 | 250 | R | 152 | 9,12 | 40 | 138 | 6 | 95 | |
| | | | | | B | 112 | 5,44 | 37 | 748 | 38 | 172 | 179 |
| | | | | | E | 112 | 8,00 | 133 | 748 | 42 | 158 | |
| Judex | 72 | 139 | 51 | 255 | R | 118 | 10,06 | 107 | 626 | 33 | 99 | |
| | | | | | B | 170 | 12,71 | 222 | 288 | 12 | 158 | 185 |
| | | | | | E | 156 | 9,76 | 294 | 296 | 14 | 158 | |
| Ursinus⊕ | 72 | 147 | 51 | 255 | R | 86 | 6,89 | 37 | 146 | 16 | 125 | |
| | | | | | B | 158 | 8,56 | 54 | 164 | 9 | 190 | 170 |
| | | | | | E | 142 | 6,33 | 52 | 174 | 9 | 177 | |
| Jerry ⊕ | 72 | 151 | 55 | 275 | R | 158 | 11,64 | 37 | 202 | 16 | 122 | |
| | | | | | B | 106 | 12,28 | 58 | 192 | 22 | 167 | 179 |
| | | | | | E | 126 | 9,16 | 79 | 174 | 12 | 152 | |
| Jury | 72 | 155 | 63 | 315 | R | 118 | 6,67 | 35 | 140 | 9 | 140 | |
| | | | | | B | 128 | 7,96 | 58 | 238 | 24 | 192 | 173 |
| | | | | | E | 128 | 8,04 | 88 | 190 | 11 | 179 | |

6.3.

RESULTATE der LEISTUNGSPRUEFUNG II für WARMBLUT ZUCHTHENGSTE, 12. X. 1977.

11 Hengste, davon 2 Private und 9 Bundeseigene ⊕

ENERGIE PARAMETER

| | Jahrgang | Zeit in Sek. Cross Country 3 km | Zeit in Sek. km lancé | Sek./km Distanzritt 15 km | | Glukose m mol/l | Pyruvat µ mol/l | Laktat m mol/l | Glukose/ Laktat | Pyruvat/ Laktat x $10^{-3}$ | Definitive Einschätzung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Safari | 72 | 382 | 85 | 284 | R | 3,41 | 9,0 | 0,78 | 4,37 | 11,54 | |
| | | | | | B | 2,69 | 3,6 | 0,73 | 3,68 | 4,93 | 7,9 |
| | | | | | E | 3,14 | 5,4 | 0,76 | 4,13 | 7,11 | |
| Sirocco ⊕ | 72 | 427 | 85 | 300 | R | 3,69 | 9,0 | 0,51 | 7,24 | 17,65 | |
| | | | | | B | 4,02 | 63,5 | 0.86 | 4,67 | 73,84 | 9,1 |
| | | | | | E | 3,63 | 1,7 | 0,66 | 5,50 | 2,58 | |
| Gipsy du Mesnil ⊕ | 72 | 410 | 84 | 304 | R | 3,30 | 9,0 | 0,56 | 5,89 | 16,07 | |
| | | | | | B | 3,36 | 6,3 | 1,37 | 2,45 | 4,60 | 8,1 |
| | | | | | E | 4,07 | 7,2 | 1,08 | 3,77 | 6,67 | |
| Gloum ⊕ | 72 | 429 | 91 | 304 | R | 3,52 | 8,1 | 0,68 | 5,18 | 11,91 | |
| | | | | | B | 4,24 | 5,4 | 1,87 | 2,27 | 2,89 | 8,4 |
| | | | | | E | 3,91 | 7,2 | 1,36 | 2,88 | 5,29 | |
| Fango ⊕ | 70 | 423 | 86 | 308 | R | 3,41 | 9,0 | 0,59 | 5,78 | 15,25 | |
| | | | | | B | 3,36 | 11,8 | 0,78 | 4,31 | 15,13 | 8.9 |
| | | | | | E | 2,92 | 9,0 | 0,81 | 3,60 | 11,11 | |
| Trabant ⊕ | 71 | 424 | 81 | 312 | R | 3,08 | 8,1 | 0,51 | 6,04 | 15,88 | |
| | | | | | B | 3,14 | 8,1 | 1,59 | 1,97 | 5,09 | 7,2 |
| | | | | | E | 3,30 | 6,3 | 0,52 | 6,35 | 12,12 | |
| Aquino ⊕ | 72 | 483 | 84 | 316 | R | 3,30 | 7,2 | 0.60 | 5,50 | 12,00 | |
| | | | | | B | 3,08 | 9,9 | 1,11 | 2,77 | 8,92 | 7,3 |
| | | | | | E | 3,63 | 5,4 | 0,64 | 5,67 | 8,44 | |
| Arosa ⊕ | 72 | 392 | 107 | 320 | R | 3,85 | 9,0 | 0,35 | 11,00 | 23,71 | |
| | | | | | B | 4,68 | 9,0 | 0,86 | 5,44 | 10,47 | 7,8 |
| | | | | | E | 3,63 | 9,0 | 0,60 | 6,05 | 15,00 | |
| Alvise | 70 | 411 | 76 | 324 | R | 2,92 | 10,9 | 0,54 | 5,41 | 20,19 | |
| | | | | | B | 3,41 | 16,3 | 0,91 | 3,75 | 17,91 | -- |
| | | | | | E | 3,47 | 13,6 | 1,06 | 3,27 | 12,83 | |
| Fils d'la Chaise ⊕ | 71 | 439 | 114 | 324 | R | 3,47 | 12,7 | 0.61 | 5,69 | 20,82 | |
| | | | | | B | 3,03 | 9,9 | 1,22 | 2,48 | 8,11 | 7,1 |
| | | | | | E | 3,41 | 9,0 | 1,08 | 3,16 | 8,33 | |
| Peri Sparte ⊕ | 72 | 439 | 88 | 328 | R | 4,13 | 9,9 | 0,51 | 8,10 | 19,41 | |
| | | | | | B | 3,58 | 9,0 | 0,61 | 5,87 | 14,75 | 7,9 |
| | | | | | E | 3,91 | 9,0 | 0,61 | 6,41 | 14,75 | |

6.4.

RESULTATE der LEISTUNGSPRUEFUNG II für WARMBLUT ZUCHTHENGSTE, 12. X. 1977.

11 Hengste, davon 2 Private und 9 Bundeseigene ⊕

ENZYME

| | Jahrgang | Zeit in Sek. Cross Country 3 km | Zeit in Sek. km lancé | Sek./km Distanzritt 15 km | | AP U/l | ALD U/l | CPK U/l | GOT U/l | CPT U/l | Creatinin µ mol/l | Definitive Einschätzung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Safari | 72 | 382 | 85 | 284 | R | 292 | 4,24 | 35 | 174 | 7 | 130 | |
| | | | | | B | 302 | 6,99 | 69 | 200 | 16 | 149 | 7,9 |
| | | | | | E | 370 | 5,12 | 58 | 222 | 16 | 149 | |
| Sirocco ⊕ | 72 | 427 | 85 | 300 | R | 164 | 3,08 | 52 | 132 | 7 | 98 | |
| | | | | | B | 206 | 6,69 | 85 | 150 | 9 | 138 | 9,1 |
| | | | | | E | 210 | 6,07 | 95 | 156 | 7 | 132 | |
| Gipsy du Mesnil ⊕ | 72 | 410 | 84 | 304 | R | 184 | 3,37 | 32 | 146 | 8 | 100 | |
| | | | | | B | 206 | 4,16 | 69 | 162 | 8 | 128 | 8,1 |
| | | | | | E | 178 | 3,95 | 67 | 192 | 8 | 128 | |
| Gloum ⊕ | 72 | 429 | 91 | 304 | R | 134 | 2,83 | 24 | 126 | 9 | 107 | |
| | | | | | B | 146 | 4,66 | 58 | 150 | 9 | 147 | 8,4 |
| | | | | | E | 188 | 4,53 | 67 | 174 | 9 | 149 | |
| Fango ⊕ | 70 | 423 | 86 | 308 | R | 158 | 5,99 | 29 | 150 | 10 | 94 | |
| | | | | | B | 158 | 4,16 | 40 | 140 | 9 | 134 | 8,9 |
| | | | | | E | 162 | 6,03 | 73 | 168 | 6 | 130 | |
| Trabant ⊕ | 71 | 424 | 81 | 312 | R | 134 | 5,82 | 29 | 120 | 8 | 107 | |
| | | | | | B | 146 | 4,66 | 79 | 150 | 13 | 138 | 7,2 |
| | | | | | E | 142 | 7,49 | 82 | 140 | 6 | 128 | |
| Aquino ⊕ | 72 | 483 | 84 | 316 | R | 198 | 5,24 | 29 | 48 | 8 | 111 | |
| | | | | | B | 254 | 8,44 | 140 | 206 | 10 | 134 | 7,3 |
| | | | | | E | 128 | 9,98 | 168 | 230 | 14 | 132 | |
| Arosa ⊕ | 72 | 392 | 107 | 320 | R | 192 | 3,87 | 24 | 140 | 11 | 104 | |
| | | | | | B | 128 | 5,74 | 58 | 168 | 9 | 138 | 7,8 |
| | | | | | E | 264 | 4,49 | 61 | 180 | 8 | 128 | |
| Alvise | 70 | 411 | 76 | 324 | R | 162 | 6,36 | 35 | 310 | 9 | 103 | |
| | | | | | B | 206 | 6,65 | 64 | 338 | 14 | 136 | -- |
| | | | | | E | 168 | 6,91 | 68 | 324 | 15 | 124 | |
| Fils d'la Chaise ⊕ | 71 | 439 | 114 | 324 | R | 216 | 2,37 | 20 | 156 | 10 | 117 | |
| | | | | | B | 278 | 5,32 | 95 | 168 | 7 | 158 | 7,1 |
| | | | | | E | 314 | 6,12 | 137 | 68 | 6 | 154 | |
| Peri Sparte ⊕ | 72 | 439 | 88 | 328 | R | 228 | 5,07 | 29 | 120 | 5 | 111 | |
| | | | | | B | 308 | 5,20 | 92 | 174 | 6 | 128 | 7,9 |
| | | | | | E | 278 | 4,16 | 52 | 136 | 13 | 115 | |

6.5.

RESULTATE der LEISTUNGSPRUEFUNG I für WARMBLUT HENGSTE, 16. XI. 1977.

8 Hengste, davon 2 Private und 6 Bundeseigene ⊕

ENERGIE PARAMETER

| | Jahrgang | Zeit in Sek. Cross Country 3 km | Zeit in Sek. km lancé | Zeit Gländeritt (4 km) | Sek./km Geländeritt (4 km) | | | Glukose m mol/l | Pyruvat µ mol/l | Laktat m mol/l | Glukose/Laktat | Pyruvat/Laktat x $10^{-3}$ | Definitive |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Freischütz ⊕ | 74 | 423 | 105 | 528 | 132 | | R | 3,64 | 8,2 | 0,58 | 6,28 | 14,14 | |
| | | | | | | | B | 3,56 | 9,1 | 3,20 | 1,10 | 2,84 | 8,2 |
| | | | | | | | E* | 3,64 | 8,2 | 0,51 | 7,14 | 16,08 | |
| | | | | | | | | * (Erholungs Blutentnahme 85' später) | | | | | |
| Iris de Notre Dame ⊕ | 74 | 430 | 106 | 536 | 134 | Unfall | R | 4,02 | 8,2 | 0,70 | 5,74 | 11,71 | |
| | | | | | | | B | 3,82 | 36,4 | 11,00 | 0,35 | 3,31 | 7 8 |
| | | | | | | | E | 3,78 | 8,2 | 1,40 | 2,70 | 5,86 | |
| Indigène de Corday ⊕ | 74 | 434 | 105 | 539 | 135 | | R | 4,08 | 8,2 | 0,66 | 6,18 | 12,42 | |
| | | | | | | | B | 4,08 | 51,8 | 8,80 | 0,46 | 5,89 | 8 2 |
| | | | | | | | E | 3,99 | 8,2 | 1,30 | 3,07 | 6,31 | |
| Hebron ⊕ | 73 | 440 | 106 | 546 | 137 | | R | 3,90 | 2,7 | 0,73 | 5,34 | 3,70 | |
| | | | | | | | B | 2,86 | 26,4 | 7,00 | 0,41 | 3,77 | 8,0 |
| | | | | | | | E | 4,16 | 9,2 | 0,69 | 6,03 | 13,33 | |
| Isoard ⊕ | 74 | 466 | 107 | 573 | 143 | | R | 3,82 | 9,1 | 0,86 | 4,44 | 10,58 | |
| | | | | | | | B | 2,95 | 18,2 | 4,20 | 0,70 | 4,33 | 8,6 |
| | | | | | | | E | 4,51 | 96,4 | 0,72 | 6,26 | 133,89 | |
| Inschallah | 74 | 427 | 123 | 550 | 138 | | R | 3,78 | 8,2 | 0,59 | 6,41 | 13,90 | |
| | | | | | | | B | 2,57 | 19,0 | 2,90 | 0,89 | 6,55 | 8,9 |
| | | | | | | | E | 3,73 | 40,0 | 0,88 | 4,24 | 45,45 | |
| Silver Spurs | 72 | 446 | 115 | 561 | 140 | | R | 3,68 | 2,7 | 0,63 | 5,84 | 4,29 | |
| | | | | | | | B | 3,12 | 9,1 | 2,50 | 1,25 | 3,64 | -- |
| | | | | | | | E | 3,73 | 18,4 | 0,83 | 4,49 | 22,17 | |
| 9/74 ⊕ | 74 | 507 | 104 | 611 | 153 | | R | 4,08 | 6,4 | 0,87 | 4,69 | 7,36 | |
| | | | | | | | B | 3,04 | 9,1 | 5,30 | 0,57 | 1,72 | 8,5 |
| | | | | | | | E | 4,33 | 7,3 | 0,69 | 6,28 | 10,58 | |

6.6.

RESULTATE der LEISTUNGSPRUEFUNG I für WARMBLUT HENGSTE, 16. XI. 1977.

8 Hengste, davon 2 Private und 6 Bundeseigene ⊕

ENZYME

| | Jahrgang | Zeit in Sek. Cross Country 3 km | Zeit in Sek. km lancé | Zeit Gelände-ritt (4 km) | Sek./km Geländeritt (4 km) | | AP U/l | ALD U/l | CPK U/l | GOT U/l | GPT U/l | Creatinin µ mol/l | Definitive Einschätzung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Freischütz ⊕ | 74 | 423 | 105 | 528 | 132 | R | 142 | 4,66 | 46 | 154 | 6 | 99 | |
| | | | | | | B | 146 | 8,40 | 69 | 200 | 14 | 120 | 8,22 |
| | | | | | | E* | 170 | 5,41 | 58 | 174 | 9 | 122 | |
| | | | | | | | *(Erholungs Blutentnahme 85' später) | | | | | | |
| Iris de Notre Dame ⊕ | 74 | 430 | 106 | 536 | 134 Unfall | R | 258 | 4,37 | 35 | 104 | 6 | 109 | |
| | | | | | | B | 292 | 6,32 | 46 | 126 | 6 | 168 | 7,81 |
| | | | | | | E | 246 | 6,53 | 52 | 130 | 6 | 141 | |
| Indigène de Corday ⊕ | 74 | 434 | 105 | 539 | 135 | R | 220 | 4,83 | 52 | 124 | 5 | 103 | |
| | | | | | | B | 258 | 5,32 | 46 | 140 | 5 | 145 | 8,29 |
| | | | | | | E | 242 | 5,91 | 58 | 140 | 5 | 113 | |
| Hebron ⊕ | 73 | 440 | 106 | 546 | 137 | R | 164 | 4,16 | 43 | 154 | 8 | 107 | |
| | | | | | | B | 192 | 5,49 | 68 | 170 | 11 | 141 | 8,02 |
| | | | | | | E | 192 | 7,29 | 95 | 140 | 6 | 124 | |
| Isoard ⊕ | 74 | 466 | 107 | 573 | 143 | R | 246 | 4,24 | 35 | 140 | 6 | 95 | |
| | | | | | | B | 326 | 5,74 | 35 | 136 | 5 | 124 | 8,60 |
| | | | | | | E | 264 | 6,07 | 46 | 126 | 11 | 120 | |
| Inschallah | 74 | 427 | 123 | 550 | 138 | R | 264 | 3,79 | 37 | 162 | 9 | 101 | |
| | | | | | | B | 292 | 9,11 | 49 | 174 | 11 | 124 | 8,96 |
| | | | | | | E | 282 | 6,61 | 43 | 176 | 11 | 137 | |
| Silver Spurs | 72 | 446 | 115 | 561 | 140 | R | 112 | 4,08 | 58 | 276 | 9 | 108 | |
| | | | | | | B | 122 | 8,15 | 58 | 262 | 9 | 126 | -- |
| | | | | | | E | 128 | 6,66 | 69 | 298 | 19 | 126 | |
| 9/74 ⊕ | 74 | 507 | 104 | 611 | 153 | R | 152 | 4,99 | 29 | 170 | 9 | 109 | |
| | | | | | | B | 170 | 6,78 | 52 | 170 | 10 | 145 | 8,58 |
| | | | | | | E | 198 | 5,41 | 58 | 150 | 8 | 130 | |

# 7. DISKUSSION

## 7.1. Blutzucker

Der Ruhewert des Blutzuckers bei trainierten Sportlern liegt tiefer als bei den untrainierten (147, 275, 278).

Beim Pferd dagegen wurde in der trainigsarmen Winterperiode eine signifikant niedrigere Glukosekonzentration in Ruhe festgestellt (152). Dies kann als verminderte Sympathiko-Adrenalin Aktivität interpretiert werden.

Unter Belastung kommt es nur bei untrainierten Versuchspersonen zu einem Abfall des Glukosespiegels, während bei Sportlern nach anfänglichem Absinken noch während der Arbeit ein normalisierender Wiederanstieg (60, 101, 102, 127, 135, 136, 147, 149, 211, 275) oder sogar eine Erhöhung über den Ruhewert hinaus zu verzeichnen ist (275). Nach KEPPLER (131) und LUKAWASKA (170) soll es nur nach längerer Belastung zu einem Blutzuckerabfall kommen.

Bei Pferden kommt es nach Belastung in der Regel zu einer Hypoglykämie (51, 86, 135, 136, 156, 157, 160, 250, 251). KRZYWANEK (158) und LINDHOLM (167) finden nach maximaler Belastung einen deutlich erhöhten Glukosespiegel. Sie vermuten, dass diese Hyperglykämie durch vermehrte Ausschüttung von Katecholamine bedingt ist. BOBYLEW (38) findet ähnliche Resultate wie beim Menschen, das heisst, dass es nur bei untrainierten Pferden zu einem Glukosespiegel-Abfall kommt, während es bei trainierten zu einer Erhöhung über den Ruhewert hinaus kommt. ANDERSON (8) findet sowohl Anstiege wie Abfälle der Blutzuckerwerte.

Wir selbst fanden, dass unmittelbar nach der Belastung von den 27 Hengsten 18 Hengste einen tieferen Blutspiegel aufwiesen; 8 Hengste zeigten einen leichten und 10 Hengste einen ausgeprägten Glukosespiegel-Abfall.

Nach einer einstündigen Erholungspause stiegen die Glukosewerte wieder an um gegen den Ruhewert zu tendieren.

Es ist interessant auf den Einfluss der verschiedenen Prüfungen auf den Blutzuckerspiegel hinzuweisen. Siehe Tabelle 7.1.

In der Leistungsprüfung für Freiberger zeigten 7 von 8 Hengsten eine Senkung des Blutzuckers, die bei 4 sogar sehr ausgeprägt war.

In der Leistungsprüfung I hatten 6 von 8 Hengsten eine Hypoglykämie, deren vier waren ausgeprägt.

In der Leistungsprüfung II haten nur 5 von 11 Hengsten eine Blutzuckersenkung, nur zwei waren ausgeprägt.

Einerseits scheint gemäss obiger Resultate die Belastung der Leistungsprüfung für Freiberger und die Leistungsprüfung I die Hengste stärker beansprucht zu haben als die Leistungsprüfung II.

Andererseits werden die Warmblut Hengste der Leistungsprüfung II sehr gut trainiert, da die bestandene Prüfung sie als wertvolle Zuchthengste auszeichnet.

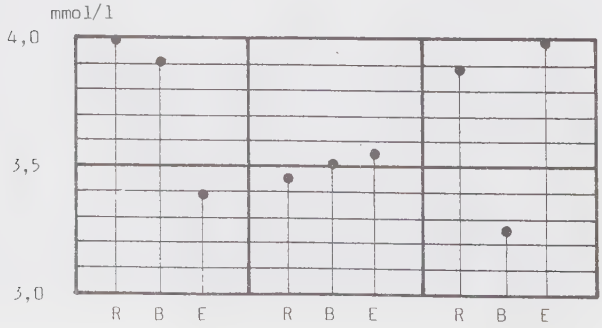
In der Sportmedizin des Menschen konnte festgestellt werden, dass bei gut trainierten Sportlern eine Erhöhung der Blutzuckerspiegel nach der Belastung eintrat.

Wir konnten die Erhöhung auch bei der Leistungsprüfung II feststellen, wo unmittelbar nach der Belastung von 11 Hengsten 2 eine leichte und 4 eine starke Blutzuckererhöhung zeigten, was auch auf ein besseres Training schliessen lassen könnte.

Tabelle 7.1. MITTELWERTE und STANDARDABWEICHUNGEN für RUHE, BELASTUNG und 1 STUENDIGE ERHOLUNG. GLUKOSE SCHWANKUNGEN.

| Leistungs-prüfungen für Hengste | | 6 Freiberger 2 Haflinger 22.III.1977 | | 5½ jährige Warmblut II 12.X.1977 | | 3½ jährige Warmblut I 16.XI.1977 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Anzahl Hengste | | 8 | | 11 | | 8 | |
| Einheiten | | mmol/l | %von m̄R | mmol/l | %von m̄R | mmol/l | %von m̄R |
| R | m̄ R<br>σ R | 3,99<br>0.383 | | 3,46<br>0,339 | | 3,88<br>0.174 | |
| B | m̄ B<br>σ B | 3,91<br>1,058 | - 2 | 3,51<br>0,587 | + 1 | 3,25<br>0,518 | - 16 |
| E | m̄ E<br>σ E | 3,38<br>0.460 | - 15 | 3,55<br>0,347 | + 3 | 3,98<br>0,320 | + 3 |

GRAPHISCHE DARSTELLUNG DER MITTELWERTE.



## 7.2. Pyruvat

Beim Menschen soll nach zehnminutiger Arbeit der Anstieg des Pyruvates bei den Trainierten klein und insignifikant sein im Gegensatz zu den Untrainierten. Nach sechzigminutiger Arbeit fiel die mittlere Pyruvat-Konzentration bei den Trainierten um 15% unter den Ruhewert, bei den Untrainierten dagegen nur um 5% (135, 149, 277, 253 .

Auf Tabelle 7.2. wurden die errechneten Mittelwerte aller Hengste für Ruhe, Belastung und Erholung eingetragen und graphisch dargestellt.

Wir fanden, dass nach ungefähr 10 Minuten ununterbrochener Belastung (Leistungsprüfung I) alle 8 Hengste stark steigende Pyruvatwerte zeigten. Die Belastung dauerte bei der Leistungsprüfung für Freiberger ungefähr 50 Minuten und bei der Leistungsprüfung II ungefähr 90 Minuten.

Bei der Leistungsprüfung für Freiberger zeigten die zwei langsamsten Hengste einen Pyruvat-Anstieg. Die gleiche Feststellung machten wir bei der Leistungsprüfung II, wo die sieben langsamsten Hengste Anstiege des Pyruvates zeigten. Hingegen wiesen die vier schnellsten Hengste einen wesentlichen Abfall der Werte auf.

Die Mittelwerte schwankten für die Freiberger und Haflinger Hengste sowie für die Warmbluthengste der Leistungsprüfung II nur unwesentlich. Hingegen stiegen die Mittelwerte für die Warmbluthengste der Leistungsprüfung I vom

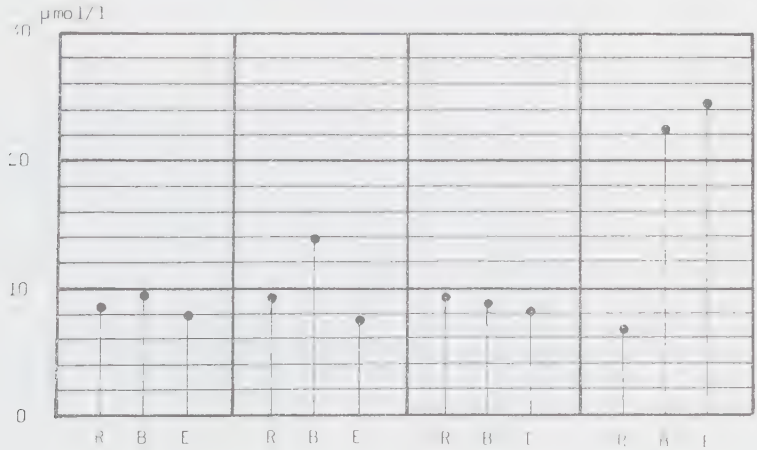
| | | |
|---|---|---|
| Ruhewert | 6,7 $\pm$ $\sigma$ 2,59 | u mol/l auf den |
| Belstungswert | 22,4 $\pm$ $\sigma$ 15,29 | u mol/l und |
| Erholungswert | 24,5 $\pm$ $\sigma$ 31,11 | u mol/l |

Zusammenfassend können wir die Hypothese vertreten, dass wenig trainierte Hengste unabhängig der Belastungsdauer nach erfolgter Prüfung einen stark erhöhten Pyruvatspiegel aufweisen.

Tabelle 7. 2. MITTELWERTE und STANDARDABWEICHUNGEN für RUHE, BELASTUNG und 1 STUENDIGE ERHOLUNG. PYRUVAT SCHWANKUNGEN.

| Leistungs-prüfungen für Hengste | | 6 Freiberger 2 Haflinger 22.III.1977 | | 5½ jährige Warmblut II 12.X.1977 | | 5½ jährige Warmblut II 12.X.1977 | | 3½ jährige Warmblut I 16.XI.1977 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Anzahl Hengste | | [illegible] | | [illegible] | | [illegible] Sirocco | | 8 | |
| Einheiten | | µmol/l | %von $\bar{m}R$ | µmol/l | %von $\bar{m}R$ | µmol/l | %von $\bar{m}R$ | µmol/l | %von $\bar{m}R$ |
| R | $\bar{m}$ R | 8,5 | | 9,3 | | 9,3 | | 6,7 | |
| | σ R | 3,62 | | 1,49 | | 1,57 | | 2,59 | |
| B | $\bar{m}$ B | 9,5 | + 12 | 13,9 | + 49 | 8,9 | - 4 | 22,4 | + 234 |
| | σ B | 7,14 | | 16,79 | | 3,54 | | 15,29 | |
| E | $\bar{m}$ E | 7,9 | - 7 | 7,5 | - 19 | 8,1 | -13 | 24,5 | + 266 |
| | σ E | 4,58 | | 3,00 | | 2,43 | | 31,11 | |

GRAPHISCHE DARSTELLUNG DER MITTELWERTE.



## 7.3. Laktat

Trainierte Sportler haben eine viel grössere aerobe Kapazität als untrainierte. Sie sind erst bei hoher Belastung auf die anaerobe Energiebeschaffung angewiesen und erzeugen dadurch für die gleiche Leistung weniger Laktat als untrainierte (42, 43, 59, 61, 81, 84, 86, 130, 135, 147, 149, 157, 170, 232, 252, 275, 277).

Beim Pferd kann die Laktatkonzentration durch starke Belastung um mehr als das Vierzigfache gegenüber dem Ruhewert ansteigen (10, 84, 86, 135, 136, 137, 152, 153, 156, 199).

Bei allen unseren Hengsten stieg während sämtlicher Leistungsprüfungen die Laktatkonzentration an.

Es ist hervorzuheben, dass bei der Leistungsprüfung II und der Leistungsprüfung für Freiberger die Laktatkonzentration sich im Durchschnitt nach der Belastung verdoppelte.
Siehe Tabelle 7 und Graphiken.

Bei der Leistungsprüfung I hingegen stiegen die Laktatwerte mindesten um das Vierfache, höchstens um das 15,7 -fache und lagen im Durchschnitt achtmal höher.

Dies scheint darauf hinzuweisen, dass die Freiberger und die 5½-jährigen Warmbluthengste die Leistungsprüfungen in besserer körperlicher Verfassung antraten als die 3½-jährigen Warmbluthengste.

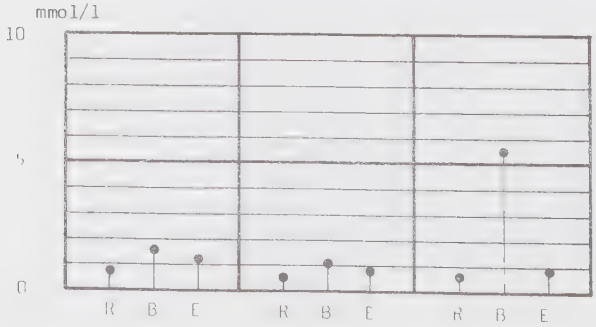
Bei der Leistungsprüfung II und der Leistungsprüfung für Freiberger zeigten die <u>schnellsten</u> Hengste relativ

hohe Laktatanstiege. Bei der Leistungsprüfung I war diese Tendenz weniger ausgeprägt. Nur beim zweit- und drittplazierten Hengst kamen Laktatanstiege um das 15,7 -fache, bzw. 13,3 -fache vor.

Tabelle 7.3. MITTELWERTE und STANDARDABWEICHUNGEN für RUHE, BELASTUNG und 1 STUENDIGE ERHOLUNG. LAKTAT SCHWANKUNGEN.

| Leistungs-prüfungen für Hengste | | 6 Freiberger 2 Haflinger 22.III.1977 | | 5½ jährige Warmblut II 12.X.1977 | | 3½ jährige Warmblut I 16.XI.1977 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Anzahl Hengste | | 8 | | 11 | | 8 | |
| Einheiten | | mmol/l | %von m̄R | mmol/l | %von m̄R | mmol/l | %von m̄R |
| R | m̄ R<br>σ R | 0,76<br>0,145 | | 0,57<br>0,109 | | 0,70<br>0,112 | |
| B | m̄ B<br>σ B | 1,58<br>0,952 | + 108 | 1,08<br>0,393 | + 89 | 5,61<br>3,072 | + 700 |
| E | m̄ E<br>σ E | 1,17<br>0,338 | + 54 | 0,83<br>0,269 | + 46 | 0,88<br>0,313 | + 26 |

GRAPHISCHE DARSTELLUNG DER MITTELWERTE.



## 7.4. Redoxsystem Pyruvat/Laktat

Der Quotient der Metabolitenkonzentrationen eines Redoxpaares - wir massen das System Pyruvat/Laktat P/L - zeigt das Verhältnis von NAD zu NADH im Gewebe an und ist somit ein Mass für die verfügbare Energie. Nach TCHAGOVETS und LESKEVITS (285) darf man die Redoxpaare Pyruvat/Laktat und Acetoacetat/beta-Hydroxybutyrat im Blut als Kriterium für die energetischen Verhältnisse im Organismus während der muskulären Ruhe und Belastung gebrauchen.

YAKOVLEV (278) fand bei trainierten und untrainierten Ratten folgende mittlere Quotienten Pyruvat/Laktat:

| Ratten: | Ruhe-werte | Belastungswerte (Schwimmen) Zeit: 15 min. | 60 min. | 5 h | 10 h |
|---|---|---|---|---|---|
| train. | 0,042 | 0,025 | 0,023 | 0.031 | 0,029 |
| untrain. | 0,042 | 0,025 | 0,024 | 0,025 | 0,025 |

Wir fanden für die Hengste die auf Tabelle 7.4. aufgezeichneten Mittelwerte.

Die 5½-jährigen Warmbluthengste wiesen im Mittel 70% höhere Ruhewerte auf als die 3½-jährigen Warmbluthengste. Unmittelbar nach der Belastung sank bei zehn 5½-jährigen Warmbluthengsten der P/L Quotient von 0,017 auf 0,009 während bei sieben 3½-jährigen eine Senkung von 0,010 auf 0,004 eintrat.

In der Erholungsstunde stieg der mittlere P/L Quotient bei zehn 5½-jährigen auf 0,010; bei den 3½-jährigen dagegen stieg der mittlere P/L Quotient um das achtfache auf 0,017, d.h. wesentlich über den Ruhewert.

Bei sieben der acht Freiberger und Haflinger Hengste konnte man denselben Trend der Veränderung der Werte feststellen wie bei den 5½-jährigen Warmbluthengsten, jedoch in weniger ausgeprägter Form.

Entgegen YAKOVLEV (278) finden wir ausgeprägt positive Unterschiede zwischen den P/L Quotienten bei trainierten und untrainierten Hengsten sowohl in Ruhe- und Belastungswerten.

Wenn wir wie TCHAGOVETS (285) das Redoxpaar Pyruvat/Laktat als direktes Mass für die verfügbare Energie annehmen, können wir die Hypothese bestätigen, dass die 5½-jährigen Warmbluthengste für die Leistungsprüfung sehr gut trainiert waren.

Tabelle 7 . 4. MITTELWERTE und STANDARDABWEICHUNGEN für RUHE, BELASTUNG und 1 STUENDIGE ERHOLUNG. PYRUVAT/LAKTAT SCHWANKUNGEN.

| Leistungs-prüfungen für Hengste | | 6 Freiberger 2 Haflinger 22.III.1977 | | 5½ jährige Warmblut II 12.X.1977 | | 3½ jährige Warmblut I 16.XI.1977 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Anzahl Hengste | | 4 | | 11 | | 8 | |
| Einheiten | | $\times 10^{-3}$ | %von $\bar{m}R$ | $\times 10^{-3}$ | %von $\bar{m}R$ | $\times 10^{-3}$ | %von $\bar{m}R$ |
| R | $\bar{m}$ R<br>$\sigma$ R | 11,[illegible]<br>5,94 | | 16,95<br>4,39 | | 9,76<br>4,15 | |
| B | $\bar{m}$ B<br>$\sigma$ B | [illegible]<br>[illegible] | - 2[illegible] | 15,15<br>20,07 | - 11 | 4,01<br>1,58 | - 59 |
| E | $\bar{m}$ E<br>$\sigma$ E | [illegible]<br>[illegible] | - [illegible] | [illegible]<br>4,00 | 44 | 31,[illegible]<br>4[illegible],20 | + 225 |

| Anzahl Hengste | | 7 - Judex * | | 10 - Sirocco * | | 7 - Isoard * | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Einheiten | | $\times 10^{-3}$ | %von $\bar{m}R$ | $\times 10^{-3}$ | %von $\bar{m}R$ | $\times 10^{-3}$ | %von $\bar{m}R$ |
| R | $\bar{m}$ R<br>$\sigma$ R | 12,24<br>6,[illegible] | | 16,88<br>4,62 | | 9,65<br>4,46 | |
| B | $\bar{m}$ B<br>$\sigma$ B | [illegible],62<br>[illegible] | [illegible] | [illegible]<br>[illegible] | - 45 | 3,96<br>1,70 | - 59 |
| E | $\bar{m}$ E<br>$\sigma$ E | [illegible]<br>4,[illegible] | [illegible] | 10,16<br>3,46 | - 40 | 17,[illegible]<br>[illegible] | + 77 |

* Diese Hengste haben aussergewöhnliche Pyruvat-Werte.

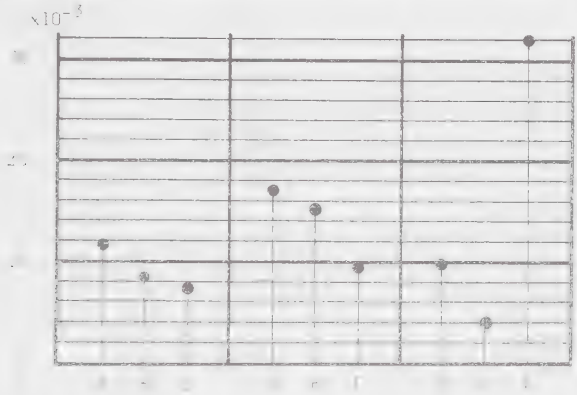
GRAPHISCHE DARSTELLUNG DER TABELLE 7. 4.

MITTELWERTE und STANDARDABWEICHUNGEN für

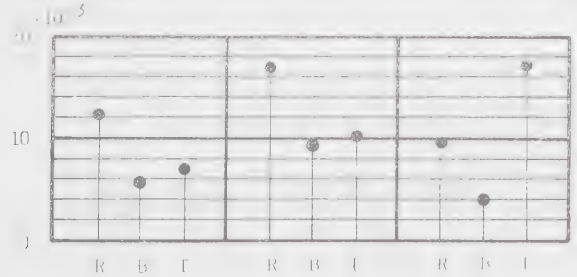
RUHE, BELASTUNG und 1 STUENDIGE ERHOLUNG.

PYRUVAT/LAKTAT SCHWANKUNGEN.

| Leistungs-prüfungen für Hengste | 6 Freiberger 2 Haflinger 22.III-1977 | 5½ jährige Warmblut II 12.X.1977 | 3½ jährige Warmblut I 16.XI.1977 |
|---|---|---|---|
| Anzahl Hengste | 9 | 11 | 8 |




| Anzahl Hengste | 7 - Judex* | 10 - Sirocco* | 7 - Isoard* |
|---|---|---|---|




* Diese Hengste haben aussergewöhnliche Pyruvat-Werte.

## 7.5. Quotient Glukose/Laktat

Der Quotient Glukose/Laktat G/L gibt uns das Verhältnis zwischen der Zuckermobilisation und der Intensität der Glykolyse an; G/L ist also ein Mass der Energieproduktion (287).

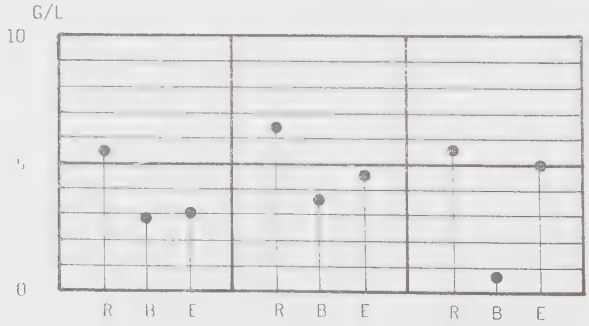
Da der Quotient Pyruvat/Laktat P/L auch ein Mass der verfügbaren Energie ist (7.4.), stellte YAKOVLEV (278) bei Ratten nach verschiedenen Belastungen Proportionalität zwischen den Quotienten G/L und P/L fest. Demzufolge sollen unsere Diagramme 7.4. und 7.5. ähnlich sein, was in der Tat auch zutrifft. Die numerischen mittleren Werte der Tabelle 7.5. sind den Werten der Tabelle 7.4. proportional.

Gut trainierte Hengste weisen gegenüber untrainierten Hengsten einen höheren G/L Ruhequotienten sowie auch einen wesentlich höheren G/L Belastungsquotienten auf.

Tabelle 7.5. MITTELWERTE und STANDARDABWEICHUNGEN für RUHE, BELASTUNG und 1 STUENDIGE ERHOLUNG. GLUKOSE/LAKTAT SCHWANKUNGEN.

| Leistungs-prüfungen für Hengste | | 6 Freiberger 2 Haflinger 22.III.1977 | | 5½ jährige Warmblut II 12.X.1977 | | 3½ jährige Warmblut I 16.XI.1977 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Anzahl Hengste | | 8 | | 11 | | 8 | |
| Einheiten | | | %von $\bar{m}R$ | | %von $\bar{m}R$ | | %von $\bar{m}R$ |
| R | $\bar{m}$ R<br>σ R | 5,41<br>1,165 | | 6,38<br>1,8[illegible]5 | | 5,62<br>0,[illegible]4 | |
| B | $\bar{m}$ B<br>σ B | 2,86<br>0,817 | - 47 | [illegible],60<br>1,[illegible]38 | - 43 | 0,[illegible]<br>0,[illegible] | - 87 |
| E | $\bar{m}$ E<br>σ E | 3,02<br>0,638 | - 44 | 4,62<br>1,382 | - 28 | 5,03<br>1,635 | - 10 |

GRAPHISCHE DARSTELLUNG DER MITTELWERTE.



## 7.5.1. G/L in Abhängigkeit der Laufzeit

Ein überraschendes Resultat erhält man, wenn die G/L-Werte aller Leistungsprüfungen in Abhängigkeit der Laufzeit (Zeit in Sekunden für 1 km gelaufenen Parcours) in Form eines Diagramms aufgezeichnet werden. Siehe Fig. 7.5.1.1.
Die Lage der Punkte erweckt den Eindruck, dass zwischen diesen zwei Parametern eine Korrelation besteht.

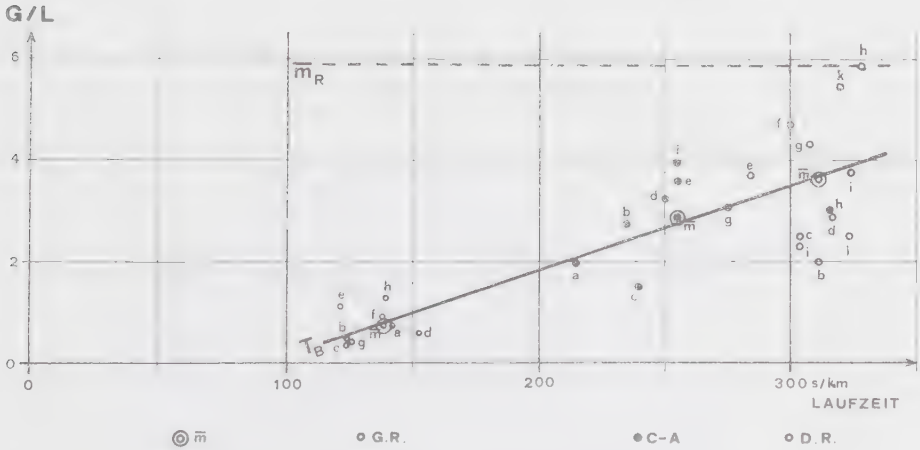



Fig. 7.5.1.1. **Beziehung zwischen Verhältnis G/L** Zuckermobilisation/ Glykolyseintensität (Werte nach Belastung) und **Laufzeit pro km.**
Leistungsprüfungen für Hengste:
22.III. 1977; Belasteter Wagen Ziehen Cudrefin–Avenches.
12.X. 1977; Distanzritt
16.XI. 1977; Geländeritt

Die Gleichung der Regressionsgeraden zwischen den Grenzen 130 s/km und 330 s/km und ihre entsprechenden Korrelations-Koeffizienten $\varkappa$ lauten:

für alle gemessenen Einzelwerte der 3 Leistungsprüfungen:

$$G/L = 0{,}016675 \times \text{Laufzeit} - 1{,}533025 \quad \text{(Ia)}$$

$$\varkappa = 0{,}8043$$

für die Mittelwerte der 3 Leistungsprüfungen:

$$G/L = 0{,}017049 \times \text{Laufzeit} - 1{,}61327 \quad \text{(Ib)}$$

$$\varkappa = 0{,}9973$$

Es ist hervorzuheben, dass die Streuung der G/L Werte um die Regressionsgerade (Gleichung Ia) besonders bei hohen Laufzeiten gross ($\varkappa$ = 0,8043) und damit der lineare Zusammenhang zwischen G/L Werten und Laufzeit weniger gesichert ist.

Bemerkenswert ist jedoch der gesicherte lineare Zusammenhang ($\varkappa$ = 0.9973) zwischen den Mittelwerten G/L und der Laufzeit für welche die Gleichung (Ib) gilt.

Die aus den Gleichungen (Ia) und (Ib) errechneten Werte sind im gemessenen Laufzeitbereich 130 bis 325 s/km praktisch identisch. Es ist nicht angezeigt, die Regressionsgerade über den gemessenen Bereich von 130 und 330 s/km auszudehnen.

Die positive Neigung der Geraden bedeutet, dass mit abnehmender Laufzeit (s/km) oder reziprok mit zunehmender Geschwindigkeit (km/s) der G/L Wert linear sinkt, d.h. je schneller ein Hengst einen Kilometer durchläuft, desto tiefer sinkt sein Glukose/Laktat Wert. Dieses "spezielle lineare" Verhalten des G/L Wertes darf wohl nur bei länger andauernder Belastung stattfinden.

Die Regressionsgeraden für die G/L Werte in Funktion der Laufzeit wurden auch für die einzelnen Leistungsprüfungen errechnet. Sie haben die folgenden Gleichungen und deren entsprechende Korrelationskoeffizienten $\varkappa$ ergeben:

für die Leistungsprüfung II (D.R.) 5½-jährige Warmbluthengste:

$$G/L = 0{,}022509 \times \text{Laufzeit} - 3{,}400861 \quad (II)$$

$$\varkappa = 0{,}21867$$

Siehe Figur 7.5.1.2.

für die Leistungsprüfung (C-A) Freiberger und Haflingerhengste

$$G/L = 0{,}011040 \times \text{Laufzeit} + 0{,}043550 \quad (III)$$

$$\varkappa = 0.40375$$

Siehe Figur 7.5.1.3.

Somit haben die Regressionsgeraden (II) und (III) eine Neigung, die mit der Gesamtwerten-Neigung (Ia) und (Ib)in gutem Einklang ist, und die vier Geraden überdecken sich beinahe.

Für die Leistungsprüfung I (G.R.) für 3½-jährige Warmbluthengste lautet die Gleichung und ihr entsprechender Korrelationskoeffizient $\varkappa$:

$$G/L = -0{,}003149 \times \text{Laufzeit} + 1{,}154010 \quad (IV)$$

$$\varkappa = -0{,}06268$$

Siehe Figur 7.5.1.4.

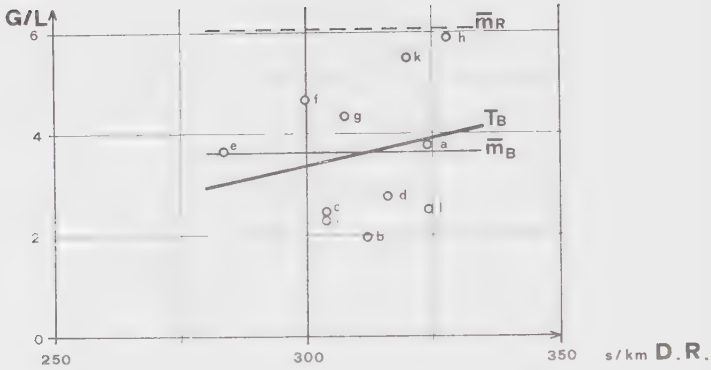



Fig. 7.5.1.2. **Beziehung zwischen Verhältnis** G/L Zuckermobilisation/ Glykolyseintensität (Werte nach Belastung) und **Laufzeit D.R.** pro km.
Leistungsprüfung II für Warmblut Zuchthengste,
12. X. 1977; Distanzritt.

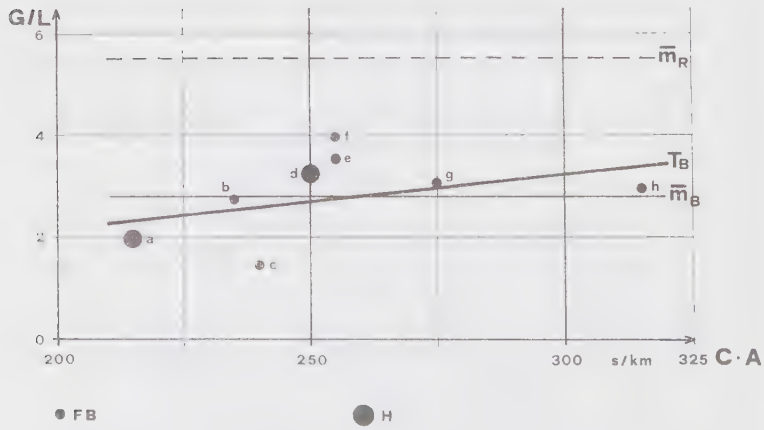



Fig. 7.5.1.3 **Beziehung zwischen Verhältnis** G/L Zuckermobilisation/ Glykolyseintensität (Werte nach Belastung) und **Laufzeit C–A** pro km.
Leistungsprüfung für Freiberger– und Haflinger Zucht–hengste,
22.III. 1977; Belasteter Wagen Ziehen Cudrefin–Avenches.

Die Regressionsgerade (IV) ist praktisch horizontal und entspricht einem konstanten Wert. Bei den Laufzeiten von 130 s/km ergibt die Rechnung G/L = 0,745
155 s/km G/L = 0,666
Der aus den Messungen errechnete Mittelwert für G/L ist: $\overline{m}_B$ = 0,716

Dieses Verhalten der Regressionsgeraden-Neigung zeigt, dass die G/L Werte bei kurzen Laufzeiten (d.h. bei hohen Geschwindigkeiten) sich einem konstanten und minimalen Wert nähern, was verständlich ist, da der Blutzuckerspiegel sich auf einen Minimalwert einstellt.

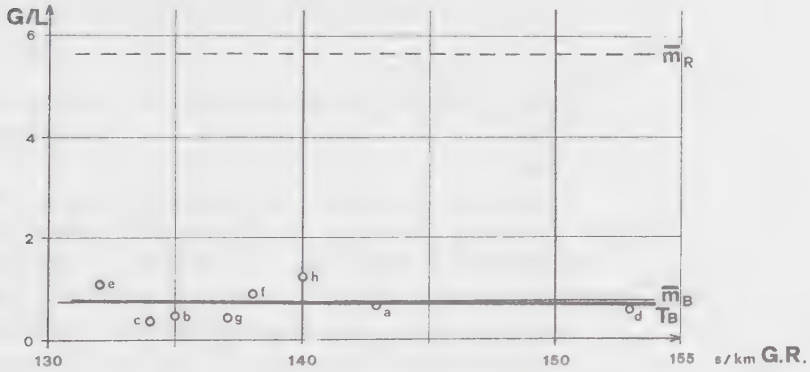



Fig. 7.5.1.4. **Beziehung zwischen Verhältnis G/L Zuckermobilisation/ Glykolyseintensität (Werte nach Belastung) und Laufzeit G.R. pro km.**
Leistungsprüfung I für Warmblut Hengste, 16. XI. 1977; Geländeritt.

Für alle anderen gemessenen Blutparameter scheint kein gesetzmässiger linearer Zusammenhang mit der Laufzeit zu bestehen.

## 7.6. Aldolase

ANDERSON (9) findet beim Pferd nach Belastung eine erhöhte Aldolase; die Erhöhung soll bei untrainierten stärker sein als bei trainierten. Aehnliche Veränderungen konnten beim Menschen (45, 88, 95, 248) und bei der Ratte (116, 236) festgestellt werden. Einige wenige Autoren (41, 89) finden nach der Arbeit eine Aldolasezunahme, die vom Trainingszustand unabhängig ist.

Bei allen Pferden der Leistungsprüfung I und bei 15 von 19 untersuchten Hengsten stieg die Aldolasekonzentration im Blut in weiten Grenzen (bis 117,2%) während der Arbeit.

Die Aldolase-Zunahme scheint vom Trainingszustand unabhängig zu sein, wie dies auch von FOWLER (89) und BRATTON (41) schon ermittelt wurde.

Die 4 Hengste, die eine Aldolase-Abnahme während der Belastung aufweisen liegen bei mittleren Kilometerzeiten, nämlich Positionen 5 und 6 von 11 Hengsten bei der Leistungsprüfung II und Positionen 3 und 4 von 8 Hengsten bei der Leistungsprüfung für Freiberger.

Es ist auffallend, dass die mittleren Ruhewerte der 5½-jährigen und der 3½-jährigen Warmbluthengste identisch sind, dass jedoch unter Belastung die Werte der 5½-jährigen weniger ansteigen als die Werte der 3½-jährigen. Bemerkenswert ist, dass der mittlere Erholungswert bei den 5½-jährigen stieg, bei den 3½-jährigen jedoch unter den mittleren Belastungswert fiel.
Siehe Tabelle 7.6.

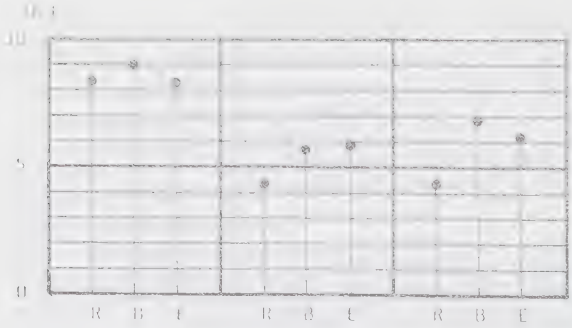
Die mittleren Ruhe-, Belastungs- und Erholungswerte der Freiberger und Haflinger Hengste liegen wesentlich über den entsprechenden Werten der Warmbluthengste.

Die Aldolasewerte scheinen also auch vom Trainingszustand der Hengste abhängig zu sein, was ja andere Autoren (9, 45, 88, 95, 116, 236, 248) auch bestätigen.

Tabelle 7.6. MITTELWERTE und STANDARDABWEICHUNGEN für RUHE, BELASTUNG und 1 STUENDIGE ERHOLUNG. ALDOLASE SCHWANKUNGEN.

| Leistungs-prüfungen für Hengste | 6 Freiberger 2 Haflinger 22.III.1977 | | 5½ jährige Warmblut II 12.X.1977 | | 3½ jährige Warmblut I 16.XI.1977 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Anzahl Hengste | [illegible] | | [illegible] | | [illegible] | |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| R $\bar{m}$ R<br>$\sigma$ R | [illegible]<br>[illegible] | [illegible] | [illegible]<br>[illegible] | [illegible] | [illegible]<br>[illegible] | [illegible] |
| B $\bar{m}$ B<br>$\sigma$ B | [illegible]<br>[illegible] | [illegible] | [illegible]<br>[illegible] | [illegible] | [illegible]<br>[illegible] | [illegible] |
| E $\bar{m}$ E<br>$\sigma$ E | 8.39<br>1.344 | + 0 | [illegible]<br>1.77[illegible] | [illegible] | [illegible]<br>[illegible] | [illegible] |

GRAPHISCHE DARSTELLUNG DER MITTELWERTE.



## 7.7. Alkalische Phosphatase

Im Zusammenhang mit der Sportphysiologie scheint die alkalische Phosphatase selten untersucht worden zu sein. Bei untrainierten Ratten ergab sich nach der Arbeit eine grosse Abnahme der Werte, nach dem Training trat keine Veränderung mehr auf (116).

Die Ruhewerte der AP scheinen rassenabhängig zu sein.

| | |
|---|---|
| Freiberger- und Haflingerhengste | $\bar{m}$ 135,5 $\pm$ $\sigma$ 23,9 |
| Warmbluthengste, 3½-jährig | $\bar{m}$ 194,8 $\pm$ $\sigma$ 59,1 |
| Warmbluthengste, 5½-jährig | $\bar{m}$ 187,2 $\pm$ $\sigma$ 46,2 |

Wie aus den Standardabweichungen ersichtlich, streuen schon die Ruhewerte von Hengst zu Hengst sehr stark.

Die Belastungswerte der AP sind für die 3 Leistungsprüfungen:

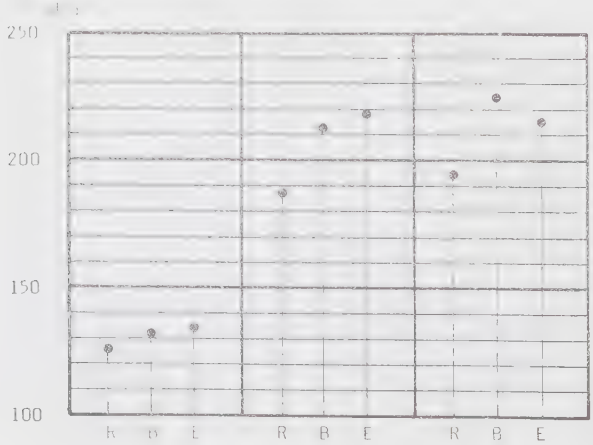
| | |
|---|---|
| Freiberger-und Haflingerhengste | $\bar{m}$ 132 $\pm$ $\sigma$ 29,2 |
| Warmbluthengste 3½-jährig | $\bar{m}$ 224,8 $\pm$ $\sigma$ 76,7 |
| Warmbluthengste 5½-jährig | $\bar{m}$ 212,2 $\pm$ $\sigma$ 64,4 |

Die Durchschnittswerte der Belastung haben gegenüber den Durchschnittswerten der Ruhe relativ wenig zugenommen (15%); die Standardabweichungen haben dagegen doppelt so viel zugenommen (30%). Es ist daher schwierig, einen Schluss zu ziehen. Dies könnte auch ein Grund sein, warum wenig mit diesem Enzym gearbeitet wurde.

Tabelle 7.7. MITTELWERTE und STANDARDABWEICHUNGEN f
RUHE, BELASTUNG und 1 STUENDIGE ERHOLU
A P SCHWANKUNGEN.

| Leistungs-prüfungen für Hengste | 6 Freiberger 2 Haflinger 22.III.1977 | | 5½ jährige Warmblut II 12.X.1977 | | 3½ jährige Warmblut I 16.XI.1977 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Anzahl Hengste | [illegible] | | [illegible] | | [illegible] | |
| [illegible] | [illegible] | % von [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | % von [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | | 187,5<br>46,17 | | 194,8<br>59,12 | |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible]<br>64,[illegible] | + 13 | 224,8<br>76,75 | + 15 |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible]<br>77,[illegible] | + 16 | [illegible]<br>[illegible],09 | + 11 |

GRAPHISCHE DARSTELLUNG DER MITTELWERTE.



## 7.8. Creatinphosphokinase

Nach der Belastung findet man sowohl beim Pferd (216) als auch beim Menschen (37, 39, 124, 125, 248, 257) eine Erhöhung der CPK Werte. Und zwar sind die Werte der untrainierten Pferde (9, 185) und Menschen (83, 89, 192) höher als bei trainierten. HUNTER (124) findet beim Menschen nach einer Trainingsperiode den CPK Anstieg bei maximaler Arbeit signifikant vermindert; bei submaximaler Arbeit ist die CPK Konzentration kaum verändert (39, 124). Beim trainierten Menschen findet man erhöhte Ruhewerte (39, 83, 201), was jedoch bei der Ratte nach sechswöchigem Training nicht bestätigt werden konnte (258).

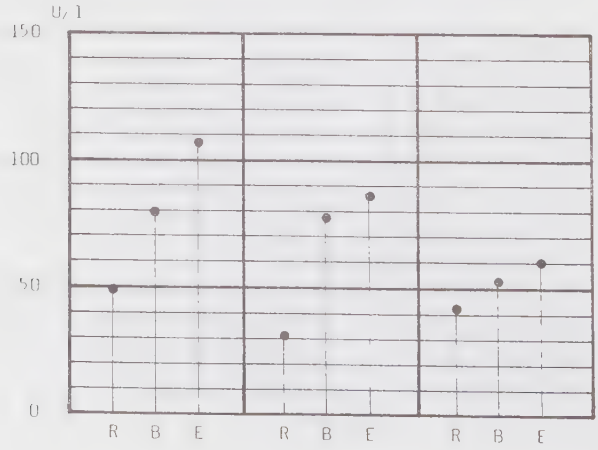
Interessanterweise finden wir bei den 5½-jährigen Warmbluthengsten einen viel tieferen mittleren Ruhewert als bei den 3½-jährigen, obwohl die Streuung in demselben Rahmen liegt. Der Anstieg unter Belastung ist viel grösser bei den 5½-jährigen Warmbluthengsten als bei den 3½-jährigen. Die mittleren Belastungswerte der 5½-jährigen Warmbluthengste und der Freiberger ist fast identisch, bei viel grösserer Streuung für die Freiberger und Haflinger Hengste. Bemerkenswert ist, dass alle mittleren Erholungswerte merklich über den mittleren Belastungswerten liegen. Der weitere Anstieg in der Erholungsstunde ist bei den Freiberger und Haflinger Hengsten am höchsten.

Die Dauer der Belastung könnte einen Einfluss auf die Belastungs- und Erholungswerte haben und diese hohen Werte bei den Freiberger und Haflinger sowie den 5½-jährigen Warmbluthengsten erklären.

Tabelle 7.8. MITTELWERTE und STANDARDABWEICHUNGEN für RUHE, BELASTUNG und 1 STUENDIGE ERHOLUNG. C P K SCHWANKUNGEN.

| Leistungs-prüfungen für Hengste | | 6 Freiberger 2 Haflinger 22.III.1977 | | 5½ jährige Warmblut II 12.X.1977 | | 3½ jährige Warmblut I 16.XI.1977 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Anzahl Hengste | | 8 | | [illegible] | | 4 | |
| Einheiten | | U/l | % von $\bar{m}$R | U/l | % von $\bar{m}$R | U/l | % von $\bar{m}$R |
| R | $\bar{m}$ R | 49,3 | | 30,7 | | [illegible] | |
| | σ R | 23,85 | | 8,42 | | [illegible] | |
| B | $\bar{m}$ B | 79,5 | + 61 | 77,2 | + 151 | [illegible] | + 24 |
| | σ B | 58,80 | | 26,41 | | 11,6[illegible] | |
| E | $\bar{m}$ E | 107,1 | + 117 | 86,2 | + 181 | 59,9 | + 41 |
| | σ E | 79,16 | | 35,8[illegible] | | 16,[illegible]3 | |

GRAPHISCHE DARSTELLUNG DER MITTELWERTE.



## 7.9. Creatinin

Untrainierte Menschen weisen eine tiefere Konzentration von Creatinin auf (212), welches unter Anstrengung ansteigt (39). Längeres Training führt zur Zunahme der Creatininwerte im Blut (201). Beim Pferd scheinen keine Untersuchungen in dieser Richtung unternommen worden zu sein.

Unsere Untersuchungen ergaben für alle Hengste eine Erhöhung der Creatininwerte während der Belastung und eine kaum wesentliche Abnahme während der einstündigen Erholungspause.

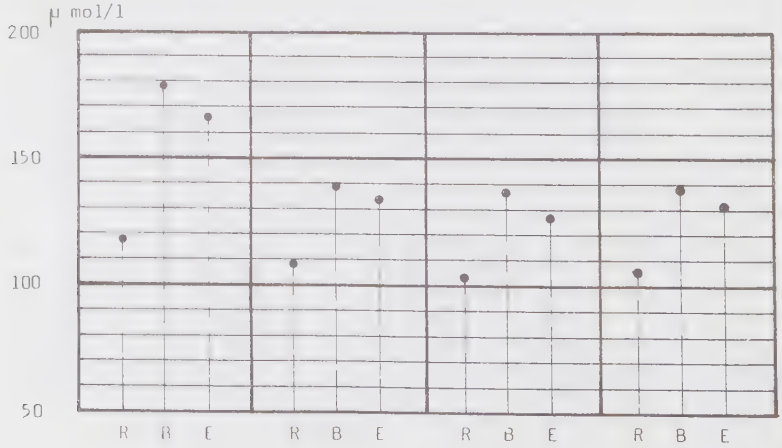
Die Creatinin Ruhe- Belastungs- und Erholungswerte verhalten sich bei den 5½-jährigen und den 3½-jährigen Warmbluthengsten sehr ähnlich, so dass sich ein Mittelwert für Warmbluthengste ausrechnen lässt. Siehe Tabelle 7.9.

Zu erwähnen ist, dass alle Mittelwerte bei den 5½-jährigen höher liegen als bei den 3½-jährigen Warmbluthengsten, was (39, 201, 212) bestätigen würde, dass trainierte Pferde höhere Creatininwerte zeigen sowohl bei Ruhe, Belastung und nach einstündiger Erholung. Dagegen verlaufen bei den Freiberger und Haflinger Hengsten die mittleren Werte wohl ähnlich, doch wesentlich über den entsprechenden Mittelwerten der Warmbluthengste.

Tabelle 7.9. MITTELWERTE und STANDARDABWEICHUNGEN für RUHE, BELASTUNG und 1 STUENDIGE ERHOLUNG. KREATININ:

| Leistungsprüfungen für Hengste | | 6 Freiberger 2 Haflinger [illegible].III.1977 | | 5½ jährige Warmblut II 12.X.1977 | | 3½ jährige Warmblut I 16.XI.1977 | | Alle Warmblut I + II | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Anzahl Hengste | | 8 | | 11 | | 8 | | 19 | |
| Einheiten | | µ mol/l | %von m̄R | µ mol/l | %von m̄R | µ mol/l | %von m̄R | µ mol/l | %von m̄R |
| R | m̄ R<br>σ R | 147,[illegible]<br>15,62 | | 107,[illegible]<br>9,91 | | 103,9<br>5,22 | | 106,0<br>8,28 | |
| B | m̄ B<br>σ B | 178,[illegible]<br>14,36 | + 21 | 138,9<br>9,10 | + 29 | 136,6<br>16,27 | + 31 | 138,0<br>12,26 | + 30 |
| E | m̄ E<br>σ E | 166,3<br>17,30 | + 41 | 133,6<br>12,00 | + 24 | 126,6<br>9,13 | + 22 | 130,7<br>11,17 | + 23 |

GRAPHISCHE DARSTELLUNG DER MITTELWERTE.



## 7.10. Glutamat-Oxalacetat-Transaminase

Ueber die GOT Ruhewerte ist Widersprüchliches zu melden. Einige Autoren fanden bei trainierten Pferden (48, 63, 98, 216, 256) Menschen (83) und Ratten (258) höhere Werte als bei untrainierten. Andere Autoren hingegen fanden keine signifikanten Unterschiede (Pferd 184; Mensch 88,168).

Sowohl beim Menschen wie auch beim Pferd und der Ratte reduziert das Training den Enzymanstieg im Serum während der Arbeit (Mensch 37, 41, 83, 88, 89, 95, 124, 168, 192; Pferd 9, 48, 63, 185, 216; Ratte 116, 236).

Die mittleren GOT Ruhewerte liegen bei den 5½-jährigen Warmbluthengsten 10% tiefer als bei den 3½-jährigen.

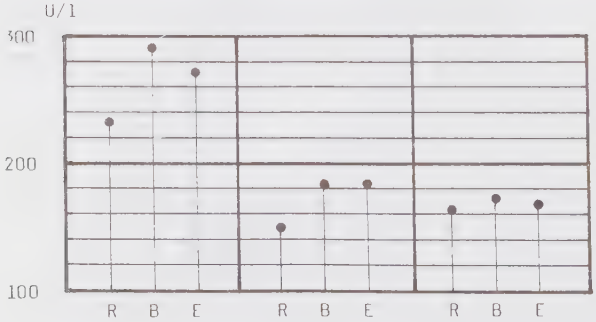
Der viel höhere mittlere Ruhewert der Freiberger und Haflinger Hengste dürfte rassenbedingt sein.

Unter Belastung stiegen die mittleren GOT Werte bei den 5½-jährigen Warmbluthengsten wesentlicher als bei den 3½-jährigen. Die Prozentwerte der Freiberger und Haflinger Hengste verlaufen jenen der 5½-jährigen Warmbluthengste sehr ähnlich. Bei allen drei Prüfungen sind die Streuungen sehr gross.
Siehe Tabelle 7.10.

Tabelle 7.10. MITTELWERTE und STANDARDABWEICHUNGEN für RUHE, BELASTUNG und 1 STUENDIGE ERHOLUNG. G O T SCHWANKUNGEN.

| Leistungsprüfungen für Hengste | | 6 Freiberger 2 Haflinger 22.III.1977 | | 5½ jährige Warmblut II 12.X.1977 | | 3½ jährige Warmblut I 16.XI.1977 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Anzahl Hengste | | 8 | | 11 | | 8 | |
| Einheiten | | U/l | % von m̄R | U/l | % von m̄R | U/l | % von m̄R |
| R | m̄ R<br>σ R | 233<br>163,6 | | 147<br>62,7 | | 161<br>51,4 | |
| B | m̄ B<br>σ B | 290<br>189,8 | + 24 | 182<br>55,6 | + 24 | 172<br>43,6 | + 7 |
| E | m̄ E<br>σ E | 271<br>197,3 | + 16 | 181<br>64,8 | + 23 | 167<br>56,2 | + 4 |

GRAPHISCHE DARSTELLUNG DER MITTELWERTE.



## 7.11. Glutamat-Pyruvat-Transaminase

Für die GPT finden die Forscher die Ruhewerte im Normalbereich sowohl bei den Trainierten wie auch bei den Untrainierten (Mensch 29, 83, 88, 168, 231; Ratte 28). Dagegen steigt die GPT der Untrainierten erheblich nach der Arbeit. Bei den Trainierten wird eine unmerkliche Veränderung festgestellt (Mensch 37, 41, 83, 88, 89, 95, 168, 248; Ratte 116, 236).

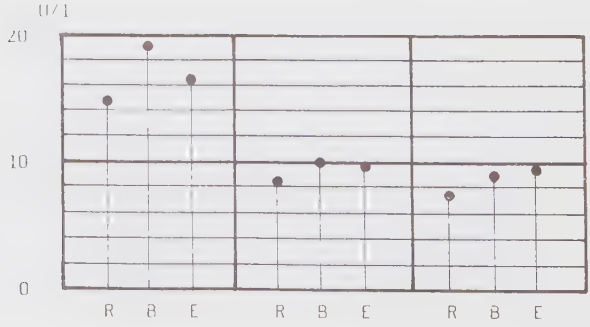
Gemäss der Tabelle 7.11. steigen bei den Warmbluthengsten die Belastungs-Mittelwerte um ungefähr 20% über die Ruhe-Mittelwerte an. Der durchschnittliche Erholungswert der 5½-jährigen Warmbluthengste ist unsignifikant tiefer als der entsprechende Belastungs-Mittelwert. Bei den 3½-jährigen Warmbluthengsten ist der durchschnittliche Erholungswert nur unwesentlich höher als der entsprechende Belastungs-Mittelwert.

Bei den Freiberger und Haflinger Hengsten liegen alle drei Mittelwerte höher als bei den Warmbluthengsten; die Streuungen sind viel grösser. Der Verlauf der Kurve ist ausgeprägter, jedoch unsignifikant verschieden als der Kurvenverlauf der 5½-jährigen Warmbluthengste.

Tabelle 7. 11. MITTELWERTE und STANDARDABWEICHUNGEN für RUHE, BELASTUNG und 1 STUENDIGE ERHOLUNG. G·P T SCHWANKUNGEN.

| Leistungs-prüfungen für Hengste | | 6 Freiberger 2 Haflinger 22.III.1977 | | 5½ jährige Warmblut II 12.X.1977 | | 3½ jährige Warmblut I 16.XI.1977 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Anzahl Hengste | | 8 | | 11 | | 8 | |
| Einheiten | | U/l | %von m̄R | U/l | %von m̄R | U/l | %von m̄R |
| R | m̄ R<br>σ R | 14,6<br>8,88 | | 8,4<br>1,69 | | 7,3<br>1,67 | |
| B | m̄ B<br>σ B | 19,0<br>9,27 | + 30 | 10.0<br>3.07 | + 19 | 8,9<br>3,27 | + 22 |
| E | m̄ E<br>σ E | 16,4<br>11,12 | + 12 | 9,8<br>3,89 | + 17 | 9,4<br>4,5 | + 29 |

GRAPHISCHE DARSTELLUNG DER MITTELWERTE.



# 8. ZUSAMMENFASSUNG UND SCHLUSSFOLGERUNG

## 8.1. Zusammenfassung

Im Rahmen der Leistungsprüfungen der Hengste 1977 wurden im Eidgenössischen Gestüt Avenches 81 jugularvenöse Blutproben von 27 Hengsten (6 Freiberger, 2 Haflinger, 19 Warmbluthengste) entnommen. Untersucht wurden die Ruhe-, Belastungs- und Erholungswerte der folgenden Parameter:

1) Senkung und Leukozytenzahl
2) die Energieparameter Glukose, Pyruvat, Laktat und die Quotienten Pyruvat/Laktat, sowie Glukose/Laktat
3) die Enzyme alkalische Phosphatase, Aldolase, CPK, GOT, GPT
4) Creatinin.

Die während der Belastung geleistete Arbeit wurde in Form der Laufgeschwindigkeit - ausgedrückt in s/km - gemessen.

Aus der Literatur ist ersichtlich, dass die haematologischen Parameter 1) Senkung und Leukozytenzahl zur Beurteilung des Trainingszustandes des Pferdes nicht geeignet sind.

Die Untersuchungen der Parameter 2), 3) und 4) ergaben: unmittelbar nach der Belastung traten Konzentrations-Erniedrigungen bei der Glukose und Konzentrations-Erhöhungen bei Pyruvat, Laktat, Aldolase, Alkalische Phosphatase, CPK, GOT, GPT und Creatinin auf.

Gut trainierte Pferde wiesen nach Belastung neben einer Hyperglykämie geringere Laktat- und Pyruvatwerte, jedoch höhere Creatininwerte auf.

Nimmt man das Redoxypaar Pyruvat/Laktat als direktes Mass für verfügbare Energie, wurden bei trainierten und untrainierten Hengsten ausgeprägt positive Unterschiede zwischen den Pyruvat/Laktat-Quotienten sowohl in den Ruhe- und Belastungswerten gefunden.

Gut trainierte Hengste wiesen gegenüber untrainierten Hengsten einen höheren Glukose/Laktat-Ruhequotient, sowie einen wesentlich höheren G/L Belastungsquotienten auf.

Die G/L Belastungsquotienten zeigen auch eine lineare Abhängigkeit zu der Laufzeit in den Grenzen von 130 bis 330 s/km.

Die positive Neigung der aus allen G/L Belastungsquotienten errechneten Regressionsgeraden bedeutet, dass mit abnehmender Laufzeit (s/km), d.h. mit zunehmender Geschwindigkeit (km/s), der G/L Wert linear sinkt. Je schneller also ein Hengst einen Kilometer durchläuft, desto tiefer sinkt sein Glukose/Laktat-Quotient. Dieses "spezielle" lineare Verhalten des G/L Belastungsquotienten zeigt sich jedoch nur bei länger andauernder Belastung. Bei kurzen Laufzeiten mit entsprechend höheren Geschwindigkeiten nähern sich die G/L Belastungsquotienten einem konstanten und minimalen Wert, da der Blutzuckerspiegel sich auf einen Minimalwert einstellt.

Für alle übrigen gemessenen Blutparameter scheint kein gesetzmässiger linearer Zusammenhang mit der Laufzeit zu bestehen.

Für den Trainingszustand des Pferdes scheinen die Enzyme Aldolase, Alkalische Phosphatase, CPK, GOT, GPT nicht aussagend zu sein.

## 8.2. Schlussfolgerung

Als objektive, für die Praxis geeignete, biologische Parameter zur Beurteilung des Trainingszustandes und der Leistungsfähigkeit von Hengsten während der Leistungsprüfungen erwiesen sich die Pyruvat/Laktat-, insbesondere die Glukose/Laktat- Verhältnisse als gut geeignet.

1. AHLBORG B., BROHULT J.: Metabolic changes after long term physical exercise.
Sartrysk UR Forsvars Medecine. 2, 35 (1966).

2. ALEXANDER F.: Effect on management on Plasma Electrolytes in the horse.
Eq. Vet. J. 1, 147-152 (1969).

3. ALTLAND P., HIGHMAN B.: Effect of exercise in serum enzyme values and tissues of rats.
Am. J. Physiol. 201, 393-395 (1961).

4. ALTLAND P., HIGHMAN B., GARBUS J.: Exercise training and altitude tolerance in rats: Blood, Tissue Enzyme and Isoenzyme changes.
Aerospace medecine. 35, 1034-1039 (1964).

5. ALTLAND P., HIGHMAN B., NELSON B.: Serum enzyme and tissue changes in rats exercised repeatedly at altitude: effects of training.
Am. J. Physiol. 214, 28-32 (1968).

6. AMMON J., RICHTERICH R.: Die Ermittlung von Normalwerten der Konzentration von Glukose, Protein und Zelle im Liquor des Kindes.
Schweiz. med. Wschr. 100, 1317-1320 (1970).

7. ANDERSON K., HEUSSNER W., PONDORF R.: Progressiv effects of athletic training on the red and white blood cells and the total plasma protein.
Int. Z. angew. Physiol. 16, 120-128 (1955).

8. ANDERSON M.: The effect of exercise on blood metabolite levels in the horse.
Eq. Vet. J. 7, 27-33 (1975 ).

9. ANDERSON M.: The influence of exercise on serum enzyme levels in the horse.
Eq. Vet. J. 7, 160-165 (1975 ).

10. ASHEIM A., KNUDSEN D., LINDHOLM A., RUELCKER C., SALTIN B.: Heart rates and blood lactate concentrations of standard bred horses during training and racing.
J. A. V. M. A. 157, 304-312 (1970).

11. ASTRAND P.: Human physical fittness with special reference to sex and age.
Physiol. Rev. 36, 307-335 (1956).

12. ASTRAND P., HALLBACK I., HEDMAN R., SALTIN B.: Blood lactates after prolonged severe exercise.
J. Appl. Physiol. 18, 619-622 (1963).

13. ASTRAND P., SALTIN B.: Plasma and red cell volume after prolonged severe exercise.
J. Appl. Physiol. 19, 829-832 (1964).

14. ASTRAND P., RODAHL K.: Textbook of work physiology.
Mc. Graw-Hill, New York. (1970).

15. ASTRUP P.: Erkennung der Störungen des Säure- Base- Stoffwechsels und ihre klinische Bedeutung.
Klin. Wschr. 15, 749-753 (1957).

16. AUVERGNAT R.: Effets immédiats du travail musculaire, le nombre des hématies, le taux de l'hémoglobine et la valeur de l'hématocrite.
Compte Rend. Soc. biol. 152, 176-181 (1958).

17. BACZYK S.: Dependence of the level of some elements of the organism on physical effort.
Rocniki Nankowe Poznan. 9, 3-7 (1964).

18. BACZYK S.: Einfluss körperlicher Anstrengung auf die Kalzium- und Magnesium-ausscheidung des Menschen.
Wien. med. Wschr. 116, 253-254 (1966).

19. BADE B.: Leistungsprüfungen als Kriterien der Zuchtauswahl in der Warmblutpferdezucht.
Der Tierzüchter. 24, 289 - 293 (1972).

20. BADE B.: Schätzung genetischer Parameter für Leistungsmerkmale Hannoverscher Reitpferde.
Diss. (Landwirtschaftliche Fak.) Georg-August Universität, Göttingen (1974).

21. BASSAN L., OTT W.: Radio Telemetrische Untersuchungen der Herzschlagfrequenz beim Sportpferd in Ruhe und in allen Gangarten.
Arch. Exper. vet. med. 22, 57-75 (1968).

22. BAUMANN J.: Die schweizerische Pferdezucht.
Schriften der Schweiz. Vereinigung für Tierärzte. Nr. 36, 11-28 (1967).

23. BAUMANN P., ESCHER J., RICHTERICH R.: Das Verhalten von Serum Enzymen bei sportlichen Leistungen.
Schweiz. Z. Sportmed. 10, 33-51 (1962).

24. BAYER A.: Möglichkeiten der Elektrokardiographie am laufenden Tier.
Berl. Münch. Tierärztl. Wschr. 79, 49-52 (1966).

25. BAYER A.: Verhalten der Herzschlagfrequenz von Trabrennpferden in Training und beim Rennen.
Berl. Münch. Tierärztl. Wschr. 81, 8-11 (1968).

26. BAYER A.: Brauchbarkeit der Arbeitspulsfrequenz als Leistungskriterium bei Trabrennpferden.
Berl. Münch. Tierärzt. Wschr. 83, 414-418 (1970).

27. BAYER A.: Beurteilung des Laufstils von Trabrennpferden mit Hilfe der Ungulographie.
Habilitationsschrift Freie Universität Berlin (1971).

28. BEATON J.: Liver and plasma malic dehydrogenase activities in the exercised rat.
Proc. Soc. Exptl. Biol. Med. 123, 598-600 (1966).

29. BEATON J., OYSTER B.: A note on the combined effects of exercise and food restriction on plasma enzyme activities in the rat.
Can. J. Physiol. Pharmacol. 47,396-392 (1969).

30. van BEAUMONT W.: Evolution of hemoconcentration from hematocrit measurements.
J. appl Physiol. 31, 712-713 (1972).

31. van BEAUMONT W., GREENLEAF J., JUHOS L.: Disproportionate changes in hematocrit, Plasmavolume and Proteins during Exercise and Bed Rest.
J. appl. Physiol. 33, 55-61 (1972).

32. van BEAUMONT W., STRAND J., PETROFSKY J., HIPSKIND S., GREENLEAF J.: Changes in total Plasma content of Electrolytes and Proteins with maximal exercise.
J. appl Physiol. 34, 102-106 (1973).

33. van BEAUMONT W.: Red cell volume with changes in plasma osmolarity during maximal exercise.
J. appl Physiol. 35, 47-50 (1973).

34. BERGMEYER H.: Neue Werte für die molaren Extinktions-Koeffiziente von NADH und NADPH zum Gebrauch im Routine Labor.
Z. Klin. Chem. Klin. Biochem. 13, 507-508 (1975).

35. BERGSTEN G.: Blood pressure, cardiac output and blood-gas tension in the horse at rest and during exercise.
Acta vet. scand. Suppl. 48 (1974).

36. BERGSTROEM J., HULTMANN E.: Effect of Exercise on muscle glycogen and electrolytes in normals. Scand. J. Clin. Lab. Invest. 18, 16-20 (1966).

37. BLOCK P., van RIJMENANT M., BADJOU R., van MELSAM A., VOGELER R.: Effects of Exhaustive effort on serum enzymes in Man. Biochemistry of Exercise, Medecine and Sport, Karger Basel/New York. 3,259-267 (1969).

38. BOBYLEW : Veterinär-Kontrolle. Pferd und Reiter, 2, 100-101 (1967).

39. BOEHMER O.: Creatine, Creatinine and CPK in the serum of athletes.
in: Metabolic adaptation to prolonges physical exercise.
Ed. Howald H. and J. Poortmans, Birkhäuser Verlag 229-231 (1975).

40. BOHR M.: Untersuchungen über den Milchsäuregehalt des Pferdeblutes in Ruhe und während der Bewegung.
Diss. Freie Universität Berlin (1957).

41. BRATTON R., CHOWDHURY S., FOWLER W., GARDNER G., PEARSON C.: Effect of exercise on serum enzyme levels in untrained males.
Res. Quarterly. 33, 182-193 (1962).

42. BROUHA L.: L'entrainement.
Premier congrès international de biologie appliquée à l'éducation physique et aux sports. Bruxelles. 129-158 (1939).

43. BROUHA L.: Training.
in: Science and medecine of exercise and sports. Ed. W.R. Johnson. Harper New York (1960).

44. BUEHLMANN. ROSSIER: Arterielle Blutgase und Elektrolyte bei körperlicher Arbeit.
Z. biol. 111, 235-239 (1960).

45. CANTONE A., CERETELLI P.: Effect of muscular work on serum aldolase activity in trained and untrained man. Int. Z. angew. Physiol. 18, 107-111 (1960).

46. CARDINET G., FOWLER M., TYLER W.: Heart rates and respiratory rates for evaluating performance in horses during endurance trail ride competition.
J. A. V. M. A. 143, 1303-1309 (1963).

47. CARDINET G., FOWLER M., TYLER W.: Sustained effects of strenuous exercise on the hemogram and blood chemistry of thoroughbred horses.
Amer. Zoologist. 3, 538 (abst.) (1963).

48. CARDINET G., FOWLER M., TYLER W.: The Effect of Training, Exercise and Tying-up on serum transaminase activities in the horse.
Am. J. Vet. Res. 24, 980-984 (1963).

49. CARLSON L., PERNOV B.: Studies of blood lipids during exercise.
J. Lab. Clin. Med. 58, 673-681 (1961).

50. CARLSON L., EKELUND L., ORDE L.: Studies on blood lipids during exercise. IV arterial concentration of plasma FFA and glycerol during and after prolonged exercise in normal men.
J. Lb. Clin. Med. 61, 724-729 (1963).

51. CARLSON L., FRAEBERG S., PERSSON S.: Concentration and Turnover of th FFA of Plasma and concentration of Blood Glucose during exercise in horses.
Acta. physiol. scand. 63, 434-441 (1965).

52. CARLSON G., MANSMAN R.: Serum Electrolyte and Plasma proteins in Horses used in endurance rides. J. A. V. M. A. 165, 262-264 (1974).

53. CARLSON G.: Fluid and Electrolyte alterations in endurance trained horses.
in: Proceedings of the first international symposium on equine hematology
A. A. E. P. Golden, Colorado. 474-480 (1975).

54. CARLSON G.: Haematologic alterations in Endurance trained horses.
in: Proceedings of ghe first international symposium on equine hematology
A.A.E.P. Golden, Colorado. 444-449 (1975).

55. CARLSON G., HARROLD D., OCEN P.: Field Laboratory evaluation of the effects of the heat and work stress in horses. in: Proceedings of the American Association of equine practitioners Meeting. 314-319 (1975).

56. CARLSON G., OCEN P., HARROLD D.: Clinicopathologic alterations in normal and exhausted endurance horses. Theriogenalogy. 6, 93-104 (1976).

57. CASTENFORS J.: Renal clearances and urinary sodium and potassium excretion during supine exercise in normal subjects.
Acta Physiol. scand. 70, 207-214 (1965).

58. CASTENFORS J., MOSSFELDT F., PISCATOR M.: Effect of prolonged heavy exercise on renal function and urinary protein excration.
Acta Physiol. scand. 70. 194-206 (1967).

59. CHAILLEY-BERT P., PLAS F.: Physiologie des activités physiques.
J. 6 Baillière, Paris. (1973).

60. CHRISTENSEN E.: Beiträge zur Physiologie schwerer körperlicher Arbeit.
Int. Z. angew. Physiol. 4, 128-153 (1931).

61. COBB L., JOHNSON W.: Hemodynamic relationships of anaerobic metabolism and plasma free fatty acids during prolonged strenuous exercise in trained and untrained subjects.
J. Clin. Invest. 42, 800-810 (1963).

62. COESTER N., ELIOTT J., LUFT U.: Plasma electrolyte, pH and ECG during and after exhaustive exercise.
J. appl. Physiol. 34, 677-682 (1973).

63. CORNELIUS C., BRUNHAM L., HILL H.: Serum transanimase activities of thorough bred horses in training.
J. A. V. M. A. 142, 639-642 (1963).

64. CRITZ J., MERRICK A.: Serum glutamic oxalacetic transaminase levels after exercise in men.
Proc. Soc. Exptl. Biol. Med. 109, 608-610 (1962).

65. CRITZ J.: Effect of swimming exercise on Serum glutamic-oxalacetic Transaminase and hematocrits of Rats.
Proc. Soc. Exptl. Biol. Med. 121, 101-104 (1966).

66. COLLUMBINE H., KOCH A. : Changes in Plasma and tissue fluid volume following exercise.
Quart. J. exper. Physiol. 35, 39-46 (1949).

67. CURRETON T.: Relative value of stress indicators, related to prediction of strenuous athletic performance.
Biochemistry of Exercise in Medecine and Sport (Karger Ed. Basel/New York
3, 73-80 (1969).

68. CZOK R., LAMPRECHT W.: Pyruvate, Phosphoenolpyruvate and D-Glycerate-2-phosphate.
in: Methods of enzymatic analysis by H. Bergmeyer, Verlag Chemie Weinheim,
Vol. 3, 1446-1451 (1974).

69. De COSTER A., DENOLIN H., MESSIN R., DEYRE S., VARDERMOTER P.: Role of Metabolites in Acid-Base-Balance during exercise.
Biochemistry of exercise in Medecine and Sport (Karger ed. Basel/New York)
3, 15-34 (1969).

70. De LANNE R.: Variations provoquées dans le sang veineux par l'activité musculaire.
Imprimerie des sciences, Bruxelles (1957).

71. De LANNE R., BARNES J., BROUHA L.: Changes in osmatic pressure and ionic concentrations of plasma during muscular work and recovery.
J. appl. Physiol. 14, 804-808 (1959).

72. De LANNE R., BARNES J., BROUHA L., MASSART F.: Changes in acid-base balance and blood gases during muscular activity and recovery.
J. appl Physiol. 14, 328-332 (1959).

73. DIAMANT B., KARLSSON J., SALTIN B.: Muscle tissue lactate after maximal exercise in man.
Acta. Physiol. scand. 72, 383-384 (1968).

74. DILL D., HALL F., HALL K., DAWSON C., NEWTON J.: Blood, plasma and red cell volume: age, exercise and environement.
J. appl. Physiol. 21, 597-602 (1966).

75. DILL D., BRAITHWAITE K., ADAMS D., BERNAUER E.: Blood volume of middle distance runners: effect of 2300 m altitude and comparison with non athletes.
Med. sci. sports. 6, 1-7 (1974).

76. DOLL E., KEUL J., MAIWALD C., REINDELL H.: Verhalten von Sauerstoffdruck, Kohlensäuredruck, pH, Standard-Bikarbonat und Base-Excess im arteriellen Blut bei verschiedenen Belastungsformen.
Int. Z. angw. Physiol. 22, 327-355 (1966).

77. DOLL E., KEUL J., MAIWALD C.: Oxygen tension and acid base equilibria in venous blood of working muscle.
Am. J. Physiol. 215, 23-29 (1968).

78. DOLL E.: Oxygen pressure and content in the blood during physical exercise and Hypoxia.
in: Limiting Factors of Physical Performances, Georg Thieme Verlag, Stuttgart.
201 -211 (1973).

79. DUSEK J., EHRLEIN H., v. ENGELHARDT W., HOERWICKE H.: Beziehungen zwischen Trittlänge, Trittfrequenz und Geschwindigkeit bei Pferden.
Z. Tierzüchtung und Züchtungsbiologie. 3, 177-188 (1970).

80. EHRLEIN H.: Untersuchungen über Herzschlagfrequenz als Mass für die Leistungsfähigkeit von Pferden.
Habilitationsschrift der Tierärztlichen Hochschule Hannover. (1970).

81. EHRLEIN H.,v. ENGELHARDT W., HOERNICKE H., TOLKMILT G., DUSEK J.: Untersuchungen über die Beziehungen zwischen Herzschlagfrequenz und Leistungen bei Pferden.
Zbl. Vet. Med. A.17, 577-591 (1970).

82. EHRLEIN H., v.ENGELHARDT W., HOERNICKE H.: Wie kann man die Leistungsfähigkeit von Zucht- und Sportpferden mit physiologischen Untersuchsmethoden messen.
Tierzuchter. 9, 259-261 (1970).

83. EIFLER R.: Serumenzymbestimmungen vor und nach spezifischer Ausdauerbelastung bei Radrennfahrern.
Dissertation (Orthopädische Universitätsklinik) der J.W. Goethe Universität, Frankfurt(197

84. VON ENGELHARDT W.: Belstungen des Pferdes im Leistungssport.
Du und das Tier. 3, 78-81 (1971).

85. VON ENGELHARDT W., EHRLEIN H., HOERNICKE H.: Haemoglobinkonzentration, Sauerstoffsättigung und Sauerstoffgehalt des Blutes bei Zucht- und Sportpferden in unterschiedlichem Trainingszustand.
Berl. u. Münch. Tierärztl. Wschr. 83, 229-234 (1970).

86. VON ENGELHARDT W., HOERNICKE H., EHRLEIN H., SCHMIDT E.: Laktat. Pyruvat, Glukose und wasserstoffionen im venosen Blut bei Reitpferden in unterschiedlichem Trainingszustand.
Zbl. Vet. Med. A. 20, 173-187 (1973).

87. FEISSLI S., FORSTER G., LAUDAHN G., SCHMIDT E., SCHMIDT F.: Normal-Werte und Alterung von Hauptketten-Enzymen im Serum.
Klin Wschr. 7, 390-396 (1966).

88. FOWLER W., CHOWDHURY S., PEARSON C., GARDNER G., BRATTON R.: Changes in serum enzyme levels after exercise in trained and untrained subjects.
J. appl. Physiol. 17, 943-946 (1962).

89. FOWLER W., GARDNER G., KAZERUNIAN H., LAUVZTAD W.: The effect of exercise on serum enzymes.
Arch. Phys. Med. Rehabil. 49, 554-565 (1968).

90. FRANKE D.:Veränderungen von Plasmaelektrolyten, Osmolarität und Laktatkonzentration bei Trabrennpferden durch Wettkampfbelastung.
Dissertation Freie Universitat Berlin (1974).

91. FREMINET A., POYART C., BURSAUX E., TABLON T.: Effect of physical training on the rates of lactate Turnover and oxidation in Rats.
in: Metabolic adaptation to prolonged physical exercise. Ed. Howald H. and J. Poortmans, Birkhäuser Verlag, 113-118 (1975).

92. FREY U.: Sportärztliche Untersuchung.
Sportmedizinische Schriftenreihe Wander. (1957).

93. FRIEDEMANN T., BARBORKA C.: The significance of the ration of lactic to pyruvic acid in blood after exercise.
J. biol. chem. 141, 993-994 (1941).

94. GANDELSMAN A.: Blutsystem und Muskeltätigkeit.
in: Sportphysiologie. Verlag Volk und Gesundheit,Berlin. 243-251 (1974).

95. GARBUS J., HIGHMAN B., ALTLAND P.: Serum enzymes and lactic isoenzymes after exercise and training in rats.
Am. J. Physiol. 207, 467-472 (1964).

96. GARDNER G., BRATTON R., CHOWDHURYS S., FOWLER W., PEARSON C.: Effect of exercise on serum enzyme levels in trained sujects.
J. Sports med. 4, 103-110 (1964).

97. GEHRING K.: Die tierärztliche Mitarbeit bei Leistungsprüfungen in der Pferdezucht.
Berl. Münch. Tierärztl. Wschr. 10, 145-149 (1938).

98. GERBER H. : Enzymdiagnostik bei inneren Krankheiten des Pferdes.
Zbl. Vet. Med. A. 11, 135-150 (1964).

99. GERBER H.: Aktivitätsbestimmungen von Serumenzymen in der Veterinärmedizin.
Schweiz. Arch. Tierheilkunde. 107, 685-697 (1965).

100. GOLLNICK D., KING D.: The immediate and chronic effect of exercise on the number and structure of skeletal muscle mitochondria.
in: Biochemistry of Exercise. Medecine and Sport. Ed. J. Poortmans, University Park Press. 3, 239-244 (1969).

101. GORDON B., LEVINE S.: Sugar content of the blood in runners following a marathon race.
J. Am. Med. Assoc. 82, 1778-1779 (1924).

102. GORDON B., LEVINE S.: Some changes in the chemical constituents of the blood following a marathon race.
J. Am. Med. Assoc. 85, 508-509 (1925).

103. GRIFFITH P.: Serum levels of ATP: Creatine Phosphotransferase (Creatine-Kinase): The normal range and effect of muscular activity.
Clin. Chim. Acta. 13, 413-420 (1966).

104. GUTMANN J.,WAHLEFELD A.: L(+) Lactat-Dehydrogenese und NAD+.
in: Methoden der enzymatischen Analyse.Hsg. Bergmeyer , Band II, 1510-1514 (1974).

105. HALONEN P., KONTTINEN A.: Effect of physical exercise on some enzymes in the serum.
Nature. 193, 942-944 (1962).

106. HANSEN J., STELTER G., VOGEL J.: Arterial pyruvate, lactate, pH and PCO2 during work at sea level and high altitude.
J. appl. Physiol. 23:523-530 (1967).

107. HARALAMBIE G., JEFLEA G.: Indices biochimiques du serum et la récupération après l'effort physique.
Int. Z. Angew. Physiol. 20, 515-520 (1965).

108. HARALAMBIE G.: Valeurs biochimiques sériques et syndrome de suprasollicitation chez le sportif.
Acta. biol. med. German. 17, 34-43 (1966).

109. HARALAMBIE G., KEUL J.: Normwert des Magnesiumspiegels im menschlichen Serum.
Med. Klin. 64, 1432-1436 (1969).

110. HARALAMBIE G.: Der Einfluss von Muskelarbeit auf Magnesiumspiegel und neuromuskuläre Erregbarkeit des Menschen.
Med. Klin. 65, 1445-1448 (1970).

111. HARING H.: Zucht von Halbblut- und Sportpferden.
Schriften der Schweizer Vereinigung für Tierzucht. Nr. 43, 27-50 (1972).

112. HARPER H.: Review of Physiological Chemistry. Ed. Lange, Los Altos, (1975).

113. HAVARD R., REAY G.: The influence of exercise on the inorganic phosphates of the blood and urine.
J. Physiol. 61, 35-48 (1926).

114. HERMANSEN L., OSNES J.: Blood and muscle pH after maximal exercise in man.
J. App. Physiol 32, 304-308 (1972).

115. HIGHMAN B., ALTLAND P.: Serum enzyme rise after Hypoxia and effect of autonomic blockade.
Am. J. Physiol. 199, 981-986 (1960).

116. HIGHMAN B., ALTLAND P.: Effects of exercise and training on serum enzyme.
Am. J. Physiol. 205, 162-166 (1963).

117. HILL A., LONG C., LUPTON H.: Muscular exercise, lactic acid and supply and utilisation of oxygen.
Proc. Roy. Soc. B. 97, 84-138 (1924).

118. HOLLMANN W., KASTNER K.: Behaviour of arterial blood gases, arterial substrates, pH and hematocrit in different ergometric work.
Sports. Ed. Karger, Basel/New York . 3, 81-88 (1969).

119. HOLLMANN W., HETTINGER T., : Arbeits- und Trainingsgrundlagen.
F. Schaltauer Verlag, Stuttgart/New York . (1976).

120. HOLLOSZY J.: Biochemical adaptation in muscle.
J. Biol. Chem. 242, 2278-2282 (1967).

121. HOERNICKE H.: Sportphysiologische Untersuchungen an Pferden.
Umschau in Wissenschaft und Technik. 9, 279-280 (1970).

122. HOERNICKE H., von ENGELHARDT W., EHRLEIN H., TOLKMILT G.: Blutdrucktelemetrie in der Tierphysiologie.
Biotelemetrie. Ed. L. Demling, K. Bachmann, Georg Tieme Verlag, Stuttgart. 214-252 (1970).

123. HUCKABEE W.: Relationships of pyruvate and lactate during anaerobic metabolism.
J. Clin. Invest. 37,255-263 (1958).

124. HUNTER J., CRITZ J.: Effect of training on plasma enzyme levels in man.
J. appl. Physiol 31, 20-23 (1971).

125. ISSEKUTZ B., MILLER H., PAUL P., RODAHL K.: Aerobic work capacity and plasma FFA turnover.
J. appl Physiol. 20, 293-296 (1965).

126. JENNI E.: Die bisherigen Ergebnisse der Leistungsprüfungen für Zuchthengste in Avenches.
in: Landwirtschaftliches Jahrbuch der Schweiz. 471-490 (1948).

127. JOHNSON R., WALTON J., KREBS H., WILLIAMSON D.: Metabolic fuels during and after severe exercise in athletes and non athletes.
Lancet. II, 452-455 (1969).

128. JOHNSON T., WONG H.: Effects of training and competitive swimming on serum proteins.
J. appl. Physiol. 16, 807-809 (1961).

129. KARLSON P.: Kurzes Lehrbuch der Biochemie.
Georg Thieme Verlag, Stuttgart. (1974).

130. KARLSSON J., NORDESJOE L., JORFELDT L., SALTIN B.: Muscle lactate ATP and CP levels during exercise after physical training in man.
J. appl Physiol. 33, 199-203 (1972).

131. KEPPLER D., KEUL J., DOLL E.: The influence of the form of exercise on the arterial concentrations of glucose, lactate, pyruvate and FFA.
Medecine and Sports. Biochemistry of exercise, Ed. Karger,Basel/New York 3, 132-136 (1969).

132. KESSELER K., EGLI H.: Untersuchungen über die Gerinnbarkeit des Blutes während und nach körperlicher Arbeit.
Int. Z. angew. Physiol. 17, 228-242 (1958).

133. KESSELER K., WACHHOLDER K.: Ueber die Einwirkung körperlicher Arbeit auf die Blutgerinnung.
Klin. Wschr. 35, 1088-1089 (1957).

134. KETUSINH O.: Validity of stressful activities.
in: Fitness, Health and Work Capacity. L. Larsen. Ed. Macmillan, New York. 199-208 (1974).

135. KEUL J., DOLL E., KEPPLER D.: Zum Stoffwechsel des Skelettmuskels: Glucose, Lactat, Pyruvat und FFS im arteriellen und venösen Blut der arbeitenden Muskulatur bei Hochleistungssportlern.
Pflügers Archiv. 301, 198-213 (1968).

136. KEUL J., SPECHT O., SCHARF K., NOECKER J.: Herzfrequenz und Substratspiegel im Blut bei Springpferden während des Trainings in Mexico City.
Pflugers Archiv. 301, 358-367 (1968).

137. KEUL J., DOLL E., KEPPLER D.: Muskelstoffwechsel.
Johann A. Barth Verlag, München (1969).

138. KEUL J., DOLL E., HARALAMBIE G.: FFs. Glyzerin und Triglyzeride im arteriellen und femoral-venösen Blut vor und nach einem vierwöchigen körperlichen Training. Europ. J. Physiol. 316, 194-204 (1970).

139. KEUL J., HARALAMBIE G.: Energiestoffwechsel und körperliche Leistung. in: Zentrale Themen der Sportmedizin: Hollmann Wed. Springer Verlag. 80-100 (1972).

140. KIENER A. Zucht und Verwendung des Pferdes im Zeitalter der Motorisierung. Schriften der Schweiz. Vereinigung für Tierzucht. Nr. 43, 4-26 (1972).

141. KILBURN K.: Muscular origin of elevated plasma potassium during exercise. J. appl. Physiol. 2, 675-678 (1966).

142. KIELLBERG S., RUDHE U., SIDESTRAND T.: Increase of the amount of hemoglabine and blood volume in connection with Physical Training. Acta physiol. scand. 19, 146-151 (1949).

143. KNEHR C., DILL D., NEUFELD W.: Training and its effects on man at rest and at work. Am. J. Physiol. 136, 148-156 (1942).

144. KOSSILA V., TANHUANPAEAE E., VIRTANEN E., LUOMA E.: Blood levels of hemoglobin, Glucose, cholesterol, minerals and trace elements in saddle horses. I. differences due to age and maintenance. J. Sci. agr. soc. Finland. 44, 249-257 (1972).

145. KOSSILA V., TANHUANPAEAE E., PELTONEN T., VIRTANEN E.: Effect of physical stress on the pulse and respiration rates and blood composition of riding horses and trotters. Ann. agriculturae fenniae. 15, 322-329 (1976).

146. KRAFT O.: Vergleichende Untersuchungen der Herzmuskulatur von Ratten: über die Beeinflussung eines Trainings auf Enzymaktivitäten, Substratkonzentrationen und Veränderungen des Blutbildes. (Dissertation J. W. Goethe Universität. Frankfurt (1973).

147. KRASNOVA A., YAKOVLEV N. Physiological and chemical characterisation of aptitude to efficiency gain with muscle exercise and of restitution during rest in middle aged and elderly persons. Sechenov Physiol. J. USSR. LII. 504-511 (1966).

148. KRASNOVA A., LENKOVA R., LESHKEVITCH L., MAKSIMOVA L., TCHAGOVETS N., YAKOVLEV N.: Pecularities of muscular energetic metabolism depending on the degrees of adoptation. Sechenov Physiol J. USSR. LVIII, 114-121 (1972).

149. KRASNOVA A., LENKOVA R., LESHKEVITCH L., MAKSIMOVA L., TCHAGOVETS N., YAKOVLEV N.: The preworking biochemical changes as related to pecularity of metabolism during muscular activity. Sechenov Physiol. J. USSR. LXI, 530-536 (1975).

150. KRZYWANEK F., BERGE E.: Das Verhalten der Erythrozyten bei Ruhe und Bewegung bei einem milzlosen Pferd. Pflügers Archiv. 232, 478-481 (1933).

151. KRZYWANEK H.: Konzentration der FFS im Blutplasma trainierter Trabrennpferde. Tierphysiologie, Tierernahrung, Futtermittelkunde. 25, 236-238 (1969).

152. KRZYWANEK H., SCHULZE A.: Einfluss maximaler Belastung auf einige Blutparameter bei Trabrennpferden. Pflügers Archiv. 319, R 98-99 (1970).

153. KRZYWANEK H.,WITTKE G.: Parameter des Energiestoffwechsels und des Sauerstofftransports bei Vollblutrennpferden in Perioden unterschiedlicher Trainingsintensität. Int. Z. angew. Physiol. 28, 228-238 (1970).

154. KRZYWANEK H., WITTKE G., BAYER A., BORMAN P.: Heart rates of thoroughbred horses during a race. Eq. Vet. J. 2, 115-117 (1970).

155. KRZYWANEK H.: Das Verhalten einiger Blutparameter bei Trabrennpferden unter Trainings- und Wettkampfbelastung. Habilitationsschrift Freie Universität Berlin (1971).

156. KRZYWANEK H., SCHULZE A., WITTKE G.: Das Verhalten einiger Blutparameter bei Trabrennpferden nach definierter Belastung. Erl. Münch. tierärztl. Wschr. 85, 325-329 (1972).

157. KRZYWANEK H. : Untersuchungen zur Beurteilung der aktuellen Leistungsfähigkeit von Trabrennpferden.
Zbl. Vet. Med. A. 20, 265-276 (1973).

158. KRZYWANEK H., SCHULZE A., WITTKE G.: Der Einfluss von Wettkampfbelastung auf einige Blutparameter bei Trabrennpferden.
Int. Z. angew. Physiol. 31, 127-139 (1973).

159. KRZYWANEK H.: Lactic acid concentrations and pH values in trotters after racing.
J. S. Afr. Vet. Ass. 45, 355-360 (1974).

160. KRZYWANEK H., SCHULZE A., WITTKE G.: Veränderungen von Blutparameter bei Trabrennpferden durch intermittierende Belastung.
Europ. J. appl. Physiol. 32, 229-340 (1974).

161. KRZYWANEK H., MILNE D., GABEL A., SMITH D.: Acid base values of standard bred horses recovering from strenuous exercise.
Am. J. Vet. Res. 37, 291-294 (1976).

162. KUESTNER W., PAETZEL A., WEINREICH J.: Veränderungen der Kreatin-Phosphokinase-Aktivität im Serum bei körperlicher Belastung.
Med. Klin. 47, 1858-1862 (1966).

163. LAURELL H., PERNOW B.: Effect of exercise on plasma potassium in man.
Acta Phisiol. Scand. 66, 241-242 (1966).

164. LEHMANN G.: Handbuch der gesamten Arbeitsmedizin.
Urban und Schwarzenberg, Ed. (1961).

165. LEUTHOLD A. : Leistungsprüfungen beim Pferd.
Schweizerische Landwirtschaftliche Monatshefte. 9, 18-28 (1956).

166. LINDHOLM A.: Metabolic response and muscle metabolites during different exercise intensities in trotting horses.
Acta Phisiol. Scand. Suppl. 396 R 105 (1973).

167. LINDHOLM A., SALTIN B.:The physiological and biochemical response of standard bred horses to exercise of varying speed and duration.
Acta Vet. Scand. 15, 310-324 (1974).

168. LOS ANGELES Forschergruppe der Universität : Enzymaktivität durch körperliches Training erhöht.
Z. ärztliche Forthildung. 54, R2 (1965).

169. LUH C.: Einfluss körperlicher Belastung auf Blutgerinnung und Thrombozytenzahl.
Dissertation J. W. Goethe Universität Frankfurt (1973).

170. LUKAWSKA M., POLEC R.: Serum Glucose, Lactic acid, Ketone bodies and Plasma bicarbonate in boys aged 15 - 19 before and after exercise.
in: Physical fitnes assessment, Charles University, Praha. 273-275 (1970).

171. LYKKEBOE G., SCHOUGAARD H., JOHANSEN K.: Training and exercise change respiratory properties of blood in race horses.
Resp. Physiol. 29, 315-325 (1977).

172. MABOUDIAN M. : Das Verhalten von Haemoglobin, Haematokrit, Gesamteiweiss, SGPT und SGOT vor und nach ergometrischer Belastung.
Dissertation J.W. Goethe Universität Frankfurt (1972).

173. MANSMANN R., CARLSON G., WHITE N., HOFFSIS G.: Electrolyte changes in endurance horses.
Proc. 3rd equine Nut. Physiol. symposium, 35-42 (1973).

174. MANSMANN R., CARLSON G., WHITE N., MILNE D.: Synchronuous diaphragmatic flutter in horses.
J. A. V. M. A. 164, 265-270 (1974).

175. MARGARIA R., EDWARDS H., DILL D.: Possible mechanism of contracting and paying the oxygen debt and the role of lactic acid in the muscular contraction .
Am. J. Physiol. 106, 685-715 (1933).

176. MARSLAND W.: Heart rate response to submaximal exercise in the standard bred horse.
J. appl. Physiol. 24, 98-101 (1969).

177. MASLOBOJEV A.: Einige elektrokardiographische Ergebnisse von Traberpferden wahrend des Trainings.
Fiziol. osnovy elektrokard. zivotnisch. 46-50 (1965).

178. MATHIESEN G., MEYER ZUM GOTTESBERGE: Die Blutgerinnung während und nach Belastung mit körperlicher Arbeit.
Zblt. Inn. Med. 63, 289-297 (1942).

179. MC KECHNIE J., LEARY W., JOUBERT S.: Some elektrocardiographic and biochemical changes recorded in Marathon runners.
SA Medical Journal. Supplement 722-725 (1967).

180. MEAGHER D., TASKER J.: Effects of excitement and tranquilization on the equine hemogram.
Modern Veterinary Practice. 53, 41-43 (1972).

181. MELLEROWICZ H.: Gesetzmässigkeit und Wirkungen beim körperlichen Training.
Materia Medica Nordmark. 581 (1964).16: 581-588.

182. METEVIER G.: Enzymatic and ionic changes in man associated with physical work.
in: Biochemistry of Exercise, Medecine and Sport. Ed. Karger Basel/New York. 3:301.310 (1969)

183. MILANI K.: Prüfung von Hengsten des Landgestütes Dillenburg im gestaffelten Dauerzug.
Dissertation F. Liebig Hochschule Giessen (1950).

184. MILNE D., SKARDA R., GABEL A., SMITH L., AULT K.: Effects of Training on biochemical values in standard bred horses.
Am. J. Vet. Res. 37, 285-290 (1976).

185. MILNE D. : Blood gases, acid-base balance and electrolytes and enzyme changes in exercising horses.
J. S. Afr. vet. Ass. 45, 345-354 (1974).

186. MOORE R., BUSKIRCK E.: Exercise and body fluids.
in: Science and medecine of exercise and sports. Ed. Johnson W. Harper New York (1960).

187. MORGAN T., SHORT F., COBB L.: Effect of a long term exercise on skeletal muscle lipid composition.
Am. J. Physiol. 216, 82-86 (1969).

188. MUELLER L.: Vergleichende Untersuchungen über den Gehalt des Pferdeblutes an Blutkörperchen und Haemoglobin unter besonderer Berücksichtigung der Futteraufnahme bei nachfolgender Ruhe und Arbeit.
Dissertation (Vet. Med. ) der Universität Hannover (1920).

189. MUSSHOFF K., SCHMIDT H., REINDELL W., KOENIG K., BILGER-BURCHARD D., HELD E., KEUL J.: Beziehungen zwischen Herzvolumen, Körpergewicht, körperliche Leistungsfähigkeit und Blutvolumen bei gesunden Männern und Frauen unterschiedlicher Leistungsbreite.
Acta Radiol. 57, 377-400 (1962).

190. NEUMANN-KLEINPAUL K.: Blutkörperchensenkung bei jungen Trabrennpferden.
Berl. Münch. Tierärztl. Wschr. 65, 175-178 (1952).

191. NOECKER J.: Physiologie der Leibesübungen.
F. Enke Verlag, Stuttgart (1971).

192. NUTALL F., JONES B.: Creatine Kinase and glutamic oxalacetic-transaminase activity in serum: Kinetics of change with exercise and effect of physical conditionning.
J. Lab. Clin. Med. 71, 847-854 (1968).

193. OSNES J., HERMANSEN L.: Acid-base balance after maximal exercise of short duration.
J. appl. Physiol 32, 59-63 (1972).

194. OTTO P., SCHMIDT E., SCHMIDT F.: Enzymspiegel im Serum bei körperlicher Arbeit und ambulanten Patienten.
Klin Wsch. 42, 75-81 (1964).

195. PAES PUMAR E., PAES PUMAR Y.J. : La Protidemia en reposo y en Movimiento.
Arch. Ven. Nutr. 2 (2), 359-368 (1951).

196. PAES PUMAR E., PAES PUMAR Y.J. : La Protidemia en reposo y en Movimiento.
Arch. Ven. Nutr. 3 (1), 53-58 (1952).

197. PERSSON S.: Studies on total Blood volume and total amount of Haemoglobin in Horses in relation to physical fitness.
9. Nordiske Veterinaermode. 1, 161-167 (1962).

198. PERSSON S.: On blood volume and working capacity in horses.
Acta Vet. Scand. Supplement 19 (1967).

199. PERSSON S.: Value of haemoglobin-determination in the horse.
Nord. Vet. Med. 21, 513-523 (1969).

200. PERSSON S., EKMAN L., LYDIN G., TUFRESSON G.: Circulatory effects of splenectomy in the horse.
Zbl. Vet. Med. A. 20, 456-468 (1973).

201. PERSSON S., LYDIN G.: Circulatory effects of splenectomy in the horse.
Zbl. Vet. Med. A. 20, 54-530 (1973).

202. PERSSON S., ULLBERG L.: Blood volume in relation to excercise tolerance in trotters.
J. S. Afr. Vet. Ass. 45,293-299 (1974).

203. PERSSON S., BERGSTEN G.: Circulatory Effects of splenectomy in the horse.
Zbl. Vet. Med. A. 22, 801-807 (1975).

204. PETH G.: Blutuntersuchung auf Electrolyte, Natrium, Kalium, Magnesium, Phosphor und Säure- Basewerte bei Radsportlern vor und nach dem Training.
Dissertation J.W. Goethe Universität Frankfurt (1973).

205. POPP L.: Blutuntersuchung auf Electrolyte, Säure-Basewerte, Eisen, Kupfer und FFS bei Patienten, Normalpersonen und Sportlern vor und nach körperlicher Belastung.
Dissertation J.W. Goethe Universität Frankfurt (1970).

206. POPPER H., MANDEL E., MAYER H.: Zur Kreatininbestimmung im Blute.
Biochem. Z. 291, 354-367 (1937).

207. POORTMANS J.: Influence of physical exercise on proteins in biological fluids.
in: Biochemistry of Exercise, Medecine and Sports. Ed. Karger Basel New/York.
3, 312-327 (1969).

208. PROKOP L.: Sportphysiologie.
Sportmedizinische Schriftenreihe Wander (1957).

209. PROKOP L.: Trainingswirkung.
in: Praktische Sportmedizin. Ed. F. Heiss, F. Enke Verlag Stuttgart. 111-126 (1960).

210. PROKOP L.: Persönliche Mitteilung 1o. Februar 1977.

211. RAKESTROW N.: Chemical factors of fatigue: Effect of muscular exercise upon certain common blood constituents.
J. Biol.Chem. 45, 562-591 (1921) und J. Biol. Chem. 56, 121-124 (1923).

212. RAPPOPORT S.: Medizinische Biochemie.
4. Auflage VEB Verlag Berlin. (1966)und 7. Auflage VEB Verlag Volk und Gesundheit, Berlin(1972).

213. RAVE T.: Untersuchungen über die Genauigkeit der Erfassung von Leistungsmerkmalen und deren phönotypischen Korrelationen untereinander bei einer Eigenleistungsprüfung von Junghengsten in einer Prüfungsanstalt.
Dissertation der Universität Hohenheim (1975).

214. RICE H., STEINHAUS A.: Studies in the physiology of exercise: Acid-base changes in the serum of exercised dogs.
Amer. J. Physiol. 96, 529-537 (1931).

215. RICHTER K., KONITZER K.: Veränderungen der Aldolase-Aktivität im Blutserum bei Muskelarbeit.
Klin. Wschr. 38, 998-999 (1960).

216. RIETHMUELLER H.: Aktivitätsänderungen muskelspezifischer Enzyme bei Vollblütern während des Trainings.
Dissertation J. Liebig Universität Giessen. (1970).

217. ROBINSON S.: Experimental studies of physical fitness in relationship to age.
Int. Z. angew. Physiol. 10, 251-323 (1938/1939).

218. ROBINSON S., HARMON P.: Lactic acid mechanism and certain properties of the blood in relation to training.
Am. J. Physiol 132, 757-769 (1941).

219. ROECKER L., KIRSCH K., STOBOY H.: Plasma volume, Albumin and Globulin concentrations and their intravascular masses.
Europ. J. appl Physiol. 36, 57-64 (1976).

220. ROECKER L.,KIRSCH K., WICKE J., STOBOY H.: Role of proteins in the regulation of plasma volume during heat stress and exercise.
Israel J. Med. Sci. 12, 840-843 (1976).

221. ROMPOTTI K.: Blood test as a guide to training.
in: Run, run, run. F. Will ed. Track and Field News Inc. Los Altos.

222. ROSE K., DUNN F., BARGER D.: Serum electrolyte: Relationship to electrocardiographic changes in exercising athletes.
J. Am. Med. Ass. 195, 111-114 (1966).

223. ROSE L., CAROLL D., OETERSON E., COOPER K.: Serum calcium and potassium elevation following vigurous exercise.
Clin. Res. 17, 394 (1969).

224. ROSE L., CAROLL D., WOLFSON S., COOPER K.: Serum lactate dehydrogenase isoenzyme changes after muscular exertion.
J. appl Physiol. 28, 279-281 (1970).

225. ROSE L., BOUSSU J., COOPER K.: Serum enzyme after marathon running.
J. appl Physiol. 29, 355-357 (1970).

226. ROSE L., CAROLL D., LOWE S., PETERSON E., COOPER K.: Serum electrolyte changes after marathon running.
J. appl. Physiol. 29, 449-451 (1970).

227. ROUGIER G.: Modification interessant le potassium sérique lors de competitions sportives.
Med. Educ. phys. Sport. Paris, 1, 35-39 (1966).

228. ROUGIER G., RABIN J.: Modification des electrolytes au cours des activités physiques.
Biochemistry of exercise, Medecine and Sport. Karger Basel/New York. 3, 284-293 (1969).

229. SAKURAI N., YAMAOKA S., MURAKAMI M.: Relationship between exercises and changes in blood characteristics in horses.
Exp. Rep. Equine Health Lab. 4, 15-18 (1967).

230. SAMEK L., ROSKAMM H., WEIDEMANN H., REINDELL H.: Influence of training and Hypoxia on the blood gases and acid-base statue during maximal exercise.
in: Physical Fitness Assessment, Charles University, Praha. 240-243 (1969).

231. SANGSTER J., BEATON J.: Alteration in enzyme activities as a consequence of exercise in the rat.
Proc. Soc. Exptl. Biol Med. 122, 542-544 (1966).

232. SCHERRER J.: Physiologie du travail
Masson, Paris. (1967).

233. SCHEUNERT A., KRZYWANEK F.: Ueber reflektorisch geregelte Schwankungen der Blutkörperchenmenge.
Pflügers Archiv. 212, 477-484 (1926).

234. SCHEUNERT A., MUELLER C.: Einfluss von Bewegung und sportlicher Höchstleistung auf die Blutbeschaffenheit des Pferdes.
Pflügers Archiv. 212, 468-476 (1926).

235. SCHLANG H.: Effect of physical exercise on serum transaminase.
Am J. Med. Sci. 242, 338-341 (1961).

236. SCHMIDT E., SCHMIDT F.: Enzyme modification during activity.
in: Biochemistry of exercise, Medecine and Sport. Karger Basel/New York. 3, 216-238 (1969).

237. SCHMIDT E., SCHMIDT F., HERFARTH C., OPTIZ K., VOGELL W.: Analyse des bei Perfusion unter Hypoxie entstehenden extracellularen Enzymmusters.
Enzymol. Biol. Clin. 7, 185-202 (1966).

238. SCHMIDT F.: Methoden der Harn- und Blutzuckerbestimmung.
in: Handbuch des diabetes mellitus. E.F. Pfeiffer Ed. J.F. Lehmanns Verlag München. Band II, 913-946 (1971).

239. SCHULZE A.: Der Säure- Basen Status im Blut von Trabrennpferden nach definierter Belastung.
Dissertation Freie Universität Berlin (1970).

240. SCHUSTER M.: Biochemisches Kriterium des Arbeitswertes und der konstitutionellen Eigenschaften bei Pferden. II Teil: Quantitatives Verhältnis zwischen Milchsäure und anorganischer Phosphorsäure im Zusammenhang mit dem Arbeitswert und der Konstitution.
Z. Züchtung B. 28, 423-432 (1930).

241. SEELIG H., WUEST H.: Die Kreatininbestimmung mit der Jaffé Reaktion.
Aerztl. Labm. 15, 34-39 (1969).

242. SOLIMAN M., NADIM M.: Clcium, sodium and potassium level in the serum and sweat of healthy horses after strenuous exercise.
Zbl. Vet. Med. A. 14, 53-56 (1967).

243. SOLUN A., BOGDANOW W., JANKOWSKY W., KARLSEN G., KRAJEW J.: Biochemisches Kriterium des Arbeitswertes und der konstitutionellen Eigenschaften bei Pferden. Mitteilung III: Verschiebung und Restitution der Milchsaure und Orthophosphorsäure, des Zuckergehaltes, der Alkalireserve des Blutes und der Senkungsreaktion der Erythrozyten bei Trabern nach dem Rennen.
Z. Züchtung B. 31, 181-191 (1935).

244. SRETER F.: The effect of systematic training on plasma electrolytes, hematokrite value and blood sugar in thoroughbred race horses.
Canad. J. Biochem. 37, 273-283 (1959).

245. STEEL J.,WHITLOCK L., Observations on the haematology of thoroughbred and standardbred horses in training aind racing.
Austr. Vet. J. 36, 136-142 (1960).

246. STOJAN B., PFEFFERKORN B., HOTZ G., KEIBEL D.:Acid-Base status of blood after muscle exercise with different duration and intensity.
in: Physical Fitness assessment. Charles University, Praha. 243-244 (1969).

247. STONE H., THOMPSON H., SCHMIDT-NIELSEN K.: Influence of erythrocytes on blood viscosity.
Am. J. Physiol. 214, 913-918 (1968).

248. SWAIMAN K., AWAD E.: Creatine phosphokinase and other serum enzyme activity after controlled exercise.
Neurology. 14, 977-980 (1964).

249. SZADKOWSKI D., SUHR D., LEHNERT G., SCHALLER K.: Elektrolytbestimmung in kleinen Plasmamengen unter körperlicher Belastung.
Med. Welt. 18, 821-824 (1970).

250. TAKAGI S., SAKURAI N.: Changes of Glucose, Pyruvate and Lactate in blood of horses at rest and during exercise.
Exp. Rep. Equine Heth Lab. 8, 100-109 (1971).

251. TANHUAUPAEAE E., KOSSILA V., VIRTANEN E., IMMONEN M.: Blood levels of hemoglobin, glucose, cholesterol, mineral and trace elements in saddle horses. III. Effect of physical stress.
manuscript. (1976).

252. TCHAGOVETS N., EREMENKO N., LACHKEVITCH L.: Analysis of the $O_2$ Consumption "negative phase" during the the restoration period after intense muscular activity.
Sechenov Physiol. J. (of) USSR. LIX: 1597-1601 (1973).

253. THOERNER W.: Ueber die Zellelemente des Blutes im Trainingszustand. Untersuchung an Olympia-Kämpfern in Amsterdam.
Int. Z. angew. Physiol. 2, 116-128 (1930).

254. THOERNER W.: Neue Beiträge zur Physiologie des Trainings.
Int. Z. angew. Physiol.: 14, 95-156 (1949/1952).

255. THOERNER W.: Blut und Blutbildungsstätten beim Sport.
in: Lehrbuch der Sportmedizin. ed. A. Arnold. J.A. Barth Verlag Leipzig,209-235 (1960).

256. ULLRICH W.: Ueber das Verhalten der Serumtransaminasen bei Trabrennpferden nach Bewegungsbelastung.
Wien. tierärztl. Mschr. 53, 95-107 (1966).

257. VEJJAJIVA A., TEASDALE G.: Serum Creatine Kinase and Physical exercise.
Brit. med. J. 1, 1653-1654 (1965).

258. WAGNER J., CRITZ J.: Effect of physical activity on creatine phosphokinase and glutamic oxalacetic transaminase levels in muscle and blood plasma of rats.
Physiologist. 13, 332 (1970).

259. WATHEN R., ROSTORFER H., ROBINSON S., NEWTON J., BAILIE M.: Changes in blood gases and acid-base balance in the exercising dog.
J. appl. Physiol. 17, 656-660 (1962).

260. WEIK H.: Einfluss der Arbeit auf die einzelnen FFS im Plasma des Pferdes.
Zbl. Vet. Med. A. 17, 712-718 (1970).

261. WERNER W., REY H., WIELINGER H.: Ueber die Eigenschaften eines neuen Chromogens für Blutzuckerbestimmung nach der GOD/POD Methode.
Z. analyt. Chem. 252, 224-228 (1970).

262. WIELINGER H.: GOD-Perid-Methode, ein neues überlegenes Verfahren zur enzymatischen Blutzuckerbestimmung.
Sonderdruck aus: Krankenhausarzt, Heft 9 (1970),herausgegeben von Boehringer, Mannheim (1970).

263. WILLIAMSON H.: Normal and abnormal electrolyte levels in the racing horse and their effect on performance.
J.S. Afr. vet. Ass. 45, 335-340 (1974).

264. WINKELMANN G., MEYER G., ROSSKAMM H.: Einfluss körperlicher Belastung auf Blutgerinnung und Fibrinolyse bei untrainierten Personen und Hochleistungssportlern.
Klin. Wschr. 46, 712-716 (1968).

265. WITT A.: Muscular work and potassium supply.
Acty. Physiol. pharmacol. Neerl. 11, 405-410 (1963).

266. WITTKE G., HABERICH F.: Atmung und Puls des Pferdes in Ruhe und Bewegung.
Z. Biol. 109, 401-408 (1957).

267. WITTKE G., HABERICH F.: Atmung und Puls des Pferdes in Ruhe und Bewegung.
Z. Biol. 110, 280-284 (1958).

268. WITTKE G., BOHN M.: Zur Frage der Milchsäure Konzentration im Blute des Pferdes.
Z. Biol. 111, 271-276 (1959).

269. WITTKE G.: Das Ausmass der Erythrozytenvermehrung im Blut des Pferdes während und nach der Bewegung.
Berl. Münch. Tierärztl. Wschr. 24, 477-479 (1960).

270. WITTKE G., BAYER A.: Herzschlagfrequenz von Pferden bei Vielseitigkeitsprüfungen.
Berl. Münch. Tierärztl. Wschr. 81, 389-392 (1968).

271. WITTKE G., KRZYWANEK H.: Sportphysiologische Untersuchungen an Rennpferden.
Vollblut, Zucht und Rennen. 41, 51-55 (1970).

272. WITTKE G., FRANKE D., KRZYWANEK H.: Elektrolytenkonzentration und Osmolalität des Blutplasmas von Trabrennpferden nach Wettkampfbelastung.
Berl. Münch. Tierärztl. Wschr. 87, 425-428 (1974).

273. WYNDHAM C., STRYDOM N., VAN RENSBURG A., BENACLE A.: Physiological requirements for world class performance in endurance running.
S. Afr. Med. J. 43, 996-1002 (1969).

274. WYNDHAM C.: Validity of physiological determination.
in: Fitness, Health and Work Capacity. Ed. L. Larson, Mac Millan, New York 308-345 (1974).

275. YAKOVLEV N., KRASNOVA A., LESHKEVITCH L., POPOVA N., ROGOZKIN V., TCHAGOVETS N.: Variations of blood sugar and lactic acid levels in athletes performing standard tasks with the establishment of good form.
Sechenov. Physiol. J. (USSR. XLVIII: 1265-1269 (1962).

276. YAKOVLEV N., KALEDIN S., KRASNOVA A., LESHKEVITCH L., POPOVA N.,ROGOZKIN V., TCHAGOVETS N., KURITZIN A.: Physiological and chemical analysis of adaption to brief intensive muscle activity in adoloscents.
Sechenov Physiol. J. USSR. XLVIII, 1105-1112 (1962).

277. YAKOVLEV N.: Biochemische Methode zum Bestimmen des Spezialtrainigs der Sportleute.
Theorie und Praktik der Körperkultur (Moskau) 8, 17-21 (1971).

278. YAKOVLEV N.: On correlation between changes of carbohydrate and lipid metabolites content and ADP and ATP content in muscles during work of various duration.
Sechenov Physiol. J. USSR. LVII, 1706-1712 (1971).

279. YAKOVLEV N.: Die Bedeutung einer Störung der Homoostase für die Effektivität des Trainingsprozesses.
Med. und Sport. XII, 367-373 (1972).

280. YAKOVLEV N.: Entwicklungsperspektiven der Sportbiochemie und ihre Bedeutung für die Sportpraxis.
Med. und Sport. XIII, 201-204 (1973).

281. YAKOVLEV N.: Der Stoffwechsel bei der Muskeltätigkeit.
in: Sportphysiologie. Verlag Volk und Gesundheit, Berlin (1974).

282. YAKOVLEV N.: Erweiterung des Regulationsbereiches des Stoffwechsels bei Anpassung an verstärkte Muskeltätigkeit.
Med. und Sport. XVI, 66-70 (1976).

283. ZALE A., YANOF Z.: Effect of exercise on blood pyruvic acid.
Arch. internat. Med. 72, 239-244 (1943).

284. ZIERLER K.: Movement of Aldolase from exercised rat diaphragm.
Am. J. Phys. 185, 1-11 (1956).

ADDENDA.

285. TCHAGOVETS N., LESHKEVITS L.: The Redox states of NAD in sceletal muscles during the rest and physical activity.
Voprosy medicinskoj chimii. 20, 425-430 (1974).

286. KLINGENBERG M., HAEFEN H.: Wege des Wasserstoffes in Mitochondrien.
Chemische Zeitschrift. 337, 120-145 (1963).

287. YAKOVLEV N.: Persönliche Mitteilung 3o. 5. 1977.

288. v. ENGELHARDT W.: Cardiovascular Effects of Exercise and Training in Horses.
Adv.Vet.Sci. 21, 173-205 (1977).

289. MASON D., KWOK H.: Some haematological and biochemical parameters in race horses in Hong Kong.
Equine Vet. J. 9(2),96-99 (1977).

290. SNOW D, MACKENZIE G.: Effect of training on some metabolic changes associated with submaximal endurance exercise in the horse.
Equine vet. J. 9(4),226-230 (1977).

291. SNOW D., MACKENZIE G.: Some metabolic effects of maximal exercise in the horse and adaptations with training.
Equine vet. J. 9(3), 134-140 (1977).

292. Empfehlungen der deutschen Gesellschaft für klinische Chemie: Standardisierung von Methoden zur Bestimmung von Enzymaktivitäten in biologischen Flüssigkeiten. Zeitschrift für klinische Chemie und klinische Biochemie. 8, 658-660 (1970) und 10, 182-183 (1972).

293. BEISENHERZ G., BOLTZE H., BUECHER T., CZOK R., GARBADE K., MEYER-ARENDT E., PFLEIDERER G.: Diphosphofructose-Aldolase, Phosphoglyceraldehyd-Dehydrogenase, Milchsäure-Dehydrogenase, Glycerophosphat-Dehydrogenase und Pyruvat-Kinase aus Kaninchenmuskulatur in einem Arbeitsgang. Z. Naturforschung. 8b, 555-577 (1953).

294. KATONA OE., RATTENHUBER S.: Körpermasse erfolgreicher Vielseitigkeitspferde und von DLG-Pferden. Der Tierzüchter. 5,200-202 (1978).

295. RATTENHUBER S., Körpermasse und Abstammung von Vielseitigkeitspferden. München Diss. med. vet. (1976).

## Curriculum vitae

ROTHMAYR ANTOINE STEPHAN WILLY ADOLPHE

geboren am 13. Juli 1948 in Vevey VD
heimatberechtigt in Zollikon ZH und Bremgarten BE

| | |
|---|---|
| 1955 - 1957 | Primarschule in La Tour de Peilz VD |
| 1957 - 1958 | Primarschule in White Plains NY USA |
| 1958 - 1964 | Oberschule in Vevey VD |
| 1964 - 1968 | Mittelschule in Lausanne VD |
| 1968 | Eidgenössische Maturität Typ B |
| 1968 - 1969 | Universität Fribourg, erstes Propedeutikum |
| 1969 - 1971 | Universität Bern, zweites Propedeutikum |
| 1970 | Praktikum im Zoologischen Garten, Zürich (Prof. Dr. H. Hediger) |
| 1970 | Praktikum in Hagenbeck's Tierpark, Hamburg (Dir. H. Hagenbeck) |
| 1971 - 1976 | Universitäten Bern und Zürich |
| 1971 | Praktikum bei der Société d'Assistance Technique pour Produits Nestlé S.A. Laboratoire industriel, Orbe VD |
| 1972 | Praktikum bei der IFFA - Mérieux, Institut Mérieux, Lyon,France |
| 1972 | Praktikum in der Medizinischen Biologischen Forschung Sandoz, Basel |
| 1975 | Vertretung bei Dr. U. Acktun, prakt. Tierarzt, BRD 2391 Nordhackstedt |
| 1975 | Vertretung bei Dr. W. Koller, prakt. Tierarzt, BRD 7705 Steisslingen |
| 1976 | Eidgenössische Fachprüfung für Tierärzte |
| 1977 - 1978 | Beratender Tierarzt für die deutsche Schweiz eines Futtermittel Konzerns |

Seit Oktober 1978 arbeite ich bei der Firma HOKOVIT, Produkte für Tierernährung, 4922 Bützberg BE als Chef des Versuchswesens, Medizinalfutters und des tierärztlichen Beratungsdienstes.

In der Armee wurde ich als Pferdearzt ausgebildet und in dieser Charge als Leutenant eingesetzt.
Heute bin ich Veterinär Oberleutnant im Stab eines Versorgungsbatillon.

15. März 1979